

Habilitation à Diriger les Recherches

Présentée par

Jean-Paul GOURLOT

Docteur en « Sciences pour l'Ingénieur » de l'Université de Haute Alsace

Chercheur au

Centre de Coopération Internationale de Recherche
Agronomique pour le Développement

CIRAD

UR 102 – Equipe 3 - LTC

Affilié à

Université de Haute Alsace, Mulhouse

Laboratoire de Physique et de Mécanique Textile

Fibres de coton : Caractérisations, harmonisation des caractérisations, et transformation

Soutenue le 4 juin 2013, à Mulhouse

Rapporteurs :	Professeur Christophe BALEY Professeur Damien SOULAT Professeur Lamine BOUBAKAR
Examineurs :	Professeur Jean-Yves DREAN Professeur Laurence SCHACHER Professeur Marc RENNER Docteur Nadine ZAKHIA-ROZIS
Garant :	Professeur Artan SINOIMERI

Avant-propos

“Science as a whole is more invested in research than in implementing strategies of change. The scientific community is usually paid to study problems, not solutions; indeed, finding a solution to the problem under study brings an end to funding the research.” William McDonough and Michael Braungart, 2002, in “Cradle to cradle, Remaking the way we make things”, p. 12.

Avant-propos

Depuis mon embauche au CIRAD^{(1, [lien vers le Glossaire](#))}, je me suis passionné pour mon travail de recherche-développement comme ingénieur textile dans un premier temps, puis j'ai saisi l'opportunité de soutenir une thèse de doctorat en 'Sciences pour l'ingénieur, discipline mécanique' en 2002. En 2004-2005, j'ai saisi l'opportunité de réaliser un bilan de compétences pour m'aider à sélectionner la voie de la soutenance d'une Habilitation à Diriger les Recherche (HDR) parmi d'autres voies possibles à l'époque.

Cependant, pour passer du vœu à la réalisation, il faut avoir accompagné un nombre suffisant de doctorants dans leurs recherches scientifiques et avoir publié dans des revues à facteur d'impact. Pour y parvenir, j'ai donc décidé de construire, de gérer, et de réaliser des projets disposant de budgets suffisamment conséquents pour y intégrer des bourses d'étudiants et des moyens de fonctionnement pour des thèses. En outre, j'ai dû monter des projets suffisamment conciliants pour permettre à la fois l'accès à des fonds pour le développement des pays les moins avancés (PMA) du fait de mon appartenance au CIRAD, et pour permettre l'accès à des activités scientifiques pouvant être reconnues par les universités du Nord et les journaux à facteurs d'impact.

En plus de prendre appui sur les encadrements et résultats obtenus depuis mon embauche, ces huit dernières années – de 2005 à 2013 – ont donc été consacrées à ce travail de transformations de « projets rêvés » en projets réalisés. Des partenariats multiples ont conduit finalement à l'accompagnement des pays les moins avancés, à l'accompagnement de professionnels de la filière cotonnière, à l'accompagnement de doctorants avec le concours de l'Université de Haute Alsace principalement, à l'accompagnement d'experts techniques, à la rédaction de publications, et finalement à la rédaction de cet ouvrage.

En résumé, je dirais que les exercices de bilan de compétences et de rédaction de cet ouvrage d'HDR sont assez similaires dans leurs approches / résultats et que de nouveaux horizons peuvent être dessinés dans les deux cas.

Pour débiter la préparation de cette HDR, j'ai commencé par définir ce que recouvre le diplôme d'« habilitation à diriger des recherches » en prenant appui sur la définition officielle et sur la définition des mots utilisés, respectivement.

Définitions réglementaire

HDR définie réglementairement par l'arrêté du 23 novembre 1988 (modifié en 1992, 1995 et 2002). « L'habilitation à diriger des recherches sanctionne la reconnaissance du haut niveau scientifique du candidat, du caractère original de sa démarche dans un domaine de la science, de son aptitude à maîtriser une stratégie de recherche dans un domaine scientifique ou technologique suffisamment large et de sa capacité à encadrer de jeunes chercheurs. » (Note sur la procédure HDR votée en CSR du 5 octobre 2012.pdf)

Définitions selon <http://www.le-dictionnaire.com>

Habilitation

- (droit) fait d'être revêtu de la capacité juridique
- avoir qualité pour, être capable de

Diriger

- orienter, placer dans la direction, vers
- commander, placer sous son autorité, administrer, régir
- guider un engin, un animal, un attelage, un bateau
- (musique) conduire un orchestre, un chœur, conduire l'activité d'autres personnes
- obliger à aller dans un sens, influencer
- orienter, braquer quelque chose

Recherche

- action de rechercher
- enquête
- au sens figuré poursuite, quête (la recherche des plaisirs)
- ensemble des activités pratiques et intellectuelles engagées dans le **progrès de la science**
- souci de se distinguer du commun par le soin et l'élégance (s'habiller avec recherche)

Progrès

- développement, accroissement
- transformation graduelle
- amélioration, perfectionnement
- aggravation d'une maladie
- qui s'approche d'un but
- évolution positive de la civilisation

Science

- ensemble de connaissances sur un fait, un domaine ou un objet vérifiées par des méthodes expérimentales
- habileté, savoir faire que donnent les connaissances
- domaine organisé du savoir
- sciences : discipline scolaire s'opposant aux sciences humaines
- Familièrement : érudition, savoir

Voir aussi la définition avec l'analyse de sa pertinence selon : <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=2896>

Habilitation à diriger les recherches = avoir qualité pour, être capable de commander, de placer sous son autorité, d'administrer, de régir un ensemble d'activités pratiques et intellectuelles engagées dans le progrès de la science, c'est-à-dire engagées dans le développement, l'accroissement, l'amélioration, et le perfectionnement d'un ensemble de connaissances vérifiées par des méthodes expérimentales sur un fait, sur un domaine ou sur un objet.

De l'aspect humain dans les activités de recherches

Les activités scientifiques sont réalisées par des femmes et des hommes, généralement regroupés en équipes autour de projets ayant des objectifs, des partenaires scientifiques, techniques et financiers, et des moyens qu'il faut animer, administrer et gérer pour parvenir à un/des résultat(s) tangible(s). Ces équipes sont généralement incluses dans des dispositifs, dans des organismes ou des institutions plus importants qui définissent généralement des stratégies et des programmations scientifiques spécifiques, et qui demandent en retour d'être alimentées en informations sur les avancements, les progressions, etc.

En reliant la définition de HDR au fait que des femmes et des hommes réalisent les recherches, on comprend aisément que les activités scientifiques seules ne permettent pas d'accéder à des résultats et à des solutions aux questions posées. La relation humaine est essentielle, et elle conditionne les activités au jour le jour. Comme pour toutes les activités humaines, il est donc absolument nécessaire de mettre en place une animation à même de relever les défis posés à la Science. Comme indiqué ci-dessous, la définition de « animation scientifique » renvoie également à des responsabilités sous-entendue dans la définition de « habilitation à diriger les recherches ».

Du rôle de l'animation scientifique

Définitions selon <http://www.le-dictionnaire.com> :

Animation

- fait d'animer un groupe, un spectacle
- caractère de ce qui est animé, plein de vitalité
- entrain d'un groupe de personnes
- activité organisée au sein d'un groupe de personnes
- (cinéma) technique de fabrication de dessin animé

Scientifique

- relatif à la science
- conforme aux procédés rigoureux et aux méthodes précises de la science
- Nom singulier invariant en genre
- personne spécialiste d'une science

Animer

- donner du dynamisme, de la vie
- donner de l'activité, de la gaieté
- pousser à agir, à faire, stimuler
- mouvoir, déplacer

Animation scientifique = fait de donner du dynamisme, de la vie, de donner de l'activité, de la gaieté, de pousser à agir, à faire, de stimuler un groupe grâce à une activité organisée, pour l'entraîner à réaliser des activités conformes aux procédés rigoureux et aux méthodes précises de la science.

Sommaire

“Diversity enriches the quality of life in another example: the furious clash of cultural diversity can broaden perspective and inspire creative change”. William McDonough and Michael Braungart, 2002, in “Cradle to cradle, Remaking the way we make things”, p. 144

Sommaire

Avant-propos	1
Définitions réglementaire.....	3
Définitions selon http://www.le-dictionnaire.com	3
De l'aspect humain dans les activités de recherches.....	4
Du rôle de l'animation scientifique.....	4
Sommaire	5
Remerciements	10
Partie 1 : Notice individuelle.....	13
Partie 2 : Parcours scientifique et résultats.....	47
Chapitre A : Contexte général de réalisation des activités scientifiques.....	48
A.1. Contexte.....	48
A.2. De la graine au fil	50
A.2.1. Mode de production, description de la filière et de la transformation.....	50
A.2.2. Caractérisation des fibres et contaminants, interaction avec les modalités de culture	51
A.2.3. Notes sur la bibliographie de ce document.....	52
Chapitre B : Activités menées en recherche, description et résultats majeurs	68
B.1. Adaptation des conditions d'utilisations des appareils intégrés de mesure à celles de la création variétale	70
B.1.1. Les principes mis en œuvre dans les appareils CMI de marque Spinlab® peuvent être compris et utilisés en amélioration variétale.	73
B.1.2. Les résultats CMI Spinlab® sont comparables à ceux obtenus avec des appareils classiques (Stélomètre, Fibrographe) sinon les résultats de création variétale ne seront pas équivalents.	74
B.1.3. L'histoire des échantillons (mode de récolte, égrenage, ...) doit être prise en compte pour définir le(s) mode(s) opératoire(s) garantissant une précision donnée des résultats d'analyse sur CMI Spinlab®.....	74
B.1.4. Les résultats d'analyse par CMI Spinlab® permettent de prévoir les caractéristiques des filés au même titre que ceux issus des appareils classiques d'analyse. ..	75
B.1.5. Afin de rendre les résultats accessibles et comparables entre eux, il est nécessaire de stocker toutes les informations relatives aux échantillons et à leurs conditions d'analyse.	77
B.1.6. Pour rendre nos résultats comparables à ceux des autres laboratoires de recherche et de classement, la participation à des tests inter-laboratoires est nécessaire.	78
B.1.7. Les résultats d'analyse par CMI Motion Control Inc® 3500 (MCI), utilisant des principes différents de Spinlab® peuvent également être utilisés en amélioration variétale et pour prévoir les caractéristiques des filés au même titre que ceux issus des appareils classiques d'analyse.....	79

B.1.8.	L'efficacité de l'amélioration variétale est équivalente quelque soit la source des données : instruments classiques ou CMI (Spinlab® principalement).....	80
B.1.9.	La mesure de maturité-finesse est un meilleur indicateur de la forme des fibres que le micronaire.	81
B.1.10.	Le fait que les échantillons commerciaux sont prélevés à l'emporte-pièce (sabot) ne change pas les résultats de leur caractérisation.....	83
B.1.11.	Les valeurs de caractéristiques technologiques des matières de référence servant à l'étalonnage des appareils de mesure sont établies de manière fiable à chacun de leur renouvellement.	84
B.1.12.	Pour résumer et éléments de perspective.....	85
B.1.13.	Appuis reçus et encadrés pour cette thématique.....	86
B.2.	Etude de l'influence de certains contaminants sur la filabilité des fibres de coton : cas des débris de coques de graines de cotonnier.....	88
B.2.1.	L'outil d'analyse d'image Trashcam/CATI développé au CIRAD peut caractériser efficacement et de manière reproductible la teneur en SCF d'échantillons de fibres à l'étape de sélection variétale F5.....	89
B.2.2.	Trashcam/CATI peut mieux détecter les SCF que d'autres techniques de mesure.	93
B.2.3.	Les nombres de SCF issus des analyses d'échantillons par Trashcam/CATI permettent d'appliquer une pression de sélection efficace sur la teneur en SCF des variétés créées.	94
B.2.4.	Les nombres de SCF et leurs caractérisations issus des analyses d'échantillons par Trashcam/CATI permettent de prévoir le comportement en filature des fibres de coton.	96
B.2.5.	Pour résumer et éléments de perspective.....	98
B.2.6.	Appuis reçus et encadrés pour cette thématique.....	99
B.3.	Etude de l'influence de certains contaminants sur la filabilité des fibres de coton : cas du collage entomologique.....	101
B.3.1.	Etude de comparaison du SCT et du H2SD pour des mesures commerciales, et étude des risques de litige associés à la classification des balles pour le collage.....	101
B.3.2.	Harmonisation des mesures de collage.....	103
B.3.3.	Etude des limites de filabilité des cotons collants en filature industrielle.....	106
B.3.4.	Etude de l'impact économique du collage.....	107
B.3.5.	Solutions pour réduire les conséquences du collage.....	108
B.3.6.	Pour résumer et éléments de perspectives.....	108
B.3.7.	Appuis reçus et encadrés pour cette thématique.....	111
B.4.	Etude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres sur la mesure de leur ténacité par les CMI.....	111
B.4.1.	Description succincte du RST (Reference Strength Tester).....	112
B.4.2.	Description de la simulation de casses en faisceaux de fibres à partir des données fibre par fibre Mantis.....	114
B.4.3.	La forme des fibres (ici représentée par le micronaire) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.....	119

B.4.4.	La forme des fibres (ici représentée par les distributions MR et H des fibres) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.	121
B.4.5.	La couleur des fibres n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.	123
B.4.6.	La distribution des longueurs de fibres dans les échantillons n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.	124
B.4.7.	Relations générales et vérifications des résultats observés.....	132
B.4.8.	Pour résumer et éléments de perspective.....	138
B.4.9.	Appuis reçus et encadrés pour cette thématique.....	139
B.5.	Application de l'utilisation d'appareils de mesure intégrés à l'échelle de la commercialisation des fibres.....	141
B.5.1.	Composante A : Adoption mondiale de la CSITC (composante mondiale) pour définir les mécanismes fondamentaux du système CSITC applicable au marché du coton à l'échelle internationale	142
B.5.2.	Composante B : Évaluation des laboratoires d'analyse du coton (composante mondiale) avec l'installation d'un système de tests inter-laboratoires périodiques pour évaluer les laboratoires d'analyse.....	142
B.5.3.	Composante C : Soutien aux pays producteurs de coton d'Afrique (composante Afrique) pour les aider à satisfaire les critères de qualité de l'analyse, principalement par le biais des Centres techniques régionaux	143
B.5.4.	Composante D : Assistance technique pour améliorer la fiabilité de la mesure instrumentale (composante Afrique principalement) pour définir les normes techniques fondamentales de réalisation des tests	144
B.5.5.	Composante D suite : Etudes de la variabilité intra et inter-balles des caractéristiques technologiques des fibres.....	145
B.5.6.	Composante E : Évaluation et diffusion des résultats et des conclusions du projet dans l'ensemble de la filière du coton.....	150
B.5.7.	Enquête sur la relation prix-qualité (France, Monde).....	150
B.5.8.	Pour résumer et éléments de perspective.....	152
B.5.9.	Appuis reçus et encadrés pour cette thématique.....	153
B.6.	Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres.....	155
B.6.1.	Pour résumer et éléments de perspective.....	158
B.6.2.	Appuis reçus et encadrés pour cette thématique.....	158
B.7.	Démarche qualité selon référentiel ISO 17025.....	158
B.7.1.	La traçabilité 'intégrale' est le moyen d'assurer la fiabilité des résultats à long terme.	159
B.7.2.	Le capital humain est essentiel dans la mise en place d'une démarche qualité et l'affichage de son implication doit s'inscrire dans les procédures d'entreprise	159
B.7.3.	Les mesures des conditions d'ambiance des laboratoires sont validées et l'ambiance est correctement réglée et tracée.....	159
B.7.4.	Conclusion et éléments de perspective.....	160
B.7.5.	Appuis reçus et encadrés pour cette thématique.....	161

B.8. Etude des mélanges de fibres de natures différentes	164
B.8.1. Mise au point d'un mélangeur de fibres pour les échantillons des tests inter-laboratoires	164
B.8.2. Homogénéisation et préparation/mélange de transformation industrielle de fibres de natures différentes : cas du mélange de fibres coton-soie thaïlandaise.....	166
B.8.3. Conclusions et éléments de perspective.....	168
B.8.4. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique	168
Chapitre C : Conclusion générale sur les activités conduites et mes activités en quelques chiffres	170
Partie 3 : Généralisation et proposition de projet scientifique.....	174
Bibliographie, Listes des figures et des tableaux, Glossaire	181
Partie 4 : Diaporama de la soutenance	196

Remerciements

« C'est à tort que les hommes accablent l'expérience de milles reproches .../... Mais laissez-la donc tranquille la pauvre, tournez plutôt vos griefs contre votre propre ignorance. » Léonard de Vinci

<h2>Remerciements</h2>

Je tiens à remercier Artan Sinoimeri, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Sud Alsace de Mulhouse (ENSISA), et Membre du Laboratoire de Physique et de Mécanique Textile (LPMT) pour avoir d'une part assumé le rôle de garant de mon travail auprès du Conseil Scientifique de l'Université de Haute Alsace, et d'autre part accordé ses précieux conseils et encouragements tout au long de mes travaux. Je lui témoigne toute ma gratitude.

Je tiens à remercier Jean-Yves Dréan, professeur à l'ENSISA, et Directeur du LPMT pour m'avoir encouragé depuis longtemps à emprunter la voie de l'Habilitation et soutenu Artan Sinoimeri dans son rôle de garant de mon travail auprès du Conseil Scientifique de l'Université de Haute Alsace. Je lui témoigne toute ma sympathie.

Il m'est particulièrement agréable de remercier Michel Giner et Richard Frydrych, pour leur soutien, leur amitié et pour l'intérêt et le suivi quasi quotidien qu'ils ont apporté à ces travaux, en plus de leur soutien de longue date et leur coopération amicale dans beaucoup des activités décrites dans cet ouvrage. Un grand merci donc à leur soutien quasi-permanent.

Je suis très sensible à l'honneur que me font les Professeurs Christophe BALEY, Damien SOULAT et Lamine BOUBAKAR en acceptant de juger ce travail et d'en être les rapporteurs.

Il m'est agréable de remercier Professeur Jean-Yves DREAN, Professeur Laurence SCHACHER, Professeur Marc RENNER et Docteur Nadine ZAKHIA-ROZIS d'examiner ce travail et d'accepter d'être membres du jury de ma soutenance publique.

Je tiens à remercier les Responsables successifs de mon Laboratoire de rattachement, quels que furent ses noms au fil des évolutions passées, de m'avoir soutenu et accompagné au fil des années dans mes activités ; ainsi ma gratitude s'adresse à Justin Gutknecht, Serge Goebel, Eric Hequet, Jean-Luc Chanselme, Bruno Bachelier.

Si ce travail a pu être réalisé dans d'excellentes conditions, c'est également grâce au soutien cordial et à l'aide technique que m'ont réservés tous les agents de mon Laboratoire de rattachement depuis mes premières années dans le service. Je tiens à exprimer ma gratitude à Christian Aymard, Jérôme Leconte, Frédéric Bonfils, Richard Frydrych, Fabienne Guelfucci-Thorr, Denis Pouzet, Serge Lassus, Gérard Gawrysiak, Anne Thibaut, Viviane Vialette, Bénédicte Favreau, Gilles Morel, Pascale Guiffrey, Chantale Brunissen, Véronique Fallet, Françoise Thierry, Marie-Elise Lapeyre, Laurent Peyrou, Michèle Vialle, Sandrine Ricome-Duplan, Mireille Poitel, Philippe Francalanci, Jean-Charles Nieweodowski, Nelly Forestier-Chiron, Laura Payet. Un grand merci à Pascal Clouvel et Janine Jean pour la mise en place des cultures de cotonniers qui se sont révélées très importantes dans la compréhension de certains phénomènes observés. Merci également à Eric Gozé pour sa patience à m'expliquer les évidences de la statistique et de l'analyse de données d'expérimentations, et pour les avoir mises en pratique pour moi souvent.

Il m'est agréable de mentionner ma gratitude à Liliane De Cloedt, Dominique Braye, Hélène Guillemain, Brigitte Giudicelli, Jocelyne Sallin, Laetitia Roussille, Karéline Pitot et Safia Asdoul pour leur soutien au secrétariat de toutes les activités conduites.

Comme chacun sait, la gestion financière et administrative des projets basés sur des contrats avec nos partenaires est importante dans nos activités. Je tiens donc à remercier particulièrement Hervé Gace, Benoit Cervello et Annie Di Malta pour leur soutien et leur amitié dans la partie gestion financière, et Cindy Van Hyfte, Monica Gouirand, Christian Didier pour la partie administrative et contractuelle.

Mes activités ont pu être menées grâce aux financements que nous avons obtenus de différents partenaires ; parmi tant d'autres non nommés ici mais qui se verront remerciés par ces mots, j'aimerais particulièrement remercier Sietse Van Der Werff du Fond Commun pour les Matières de Base pour son soutien, Pierre Berthelot de l'Union Européenne, et Terry Townsend du Comité Consultatif International du Coton.

Que mes collègues des groupes de travail internationaux auxquels je contribue trouvent ici l'expression de ma chaleureuse reconnaissance pour l'intérêt qu'ils ont porté à mes travaux lors de nos rencontres et pour nos discussions passionnées.

Merci à tous les étudiants avec qui j'ai travaillé, pour leur volonté, leurs compétences, leur humour ... et leur travail passionné très conséquent : En premier lieu, je remercie pour leur patience les doctorants Aboe Modeste, Ahmad Sheraz, Kaewprasit Chongrak, Krifa Mourad, Nowrouzieh Sharam, Rungsima Cholakup, Tamime Omar, et postdoc Liu Riu, Lukonge Everina. En deuxième lieu, merci à tous les étudiants qui ont permis les développements techniques et logiciels requis, à savoir : Azuara Cyril, Constantin Olivier, Damiaud Guillaume, Fonquerme Eric, Gilles François, Guerinot Sébastien, Guibal Sébastien, Hublé Pascal, Hugon Marc, Jaeger Bénédicte, Langlois Franck, Laporte Magali, Lejeune Alain, Mahistre David, Manescu Paul, Marchal Christophe, Maurin Benjamin, Millet Lucie, Moreno Julie-Marie, Navarre Christine, Orssaud Véronique, Riviere Mathieu, Robert Rémi, Sarok Driss, Serre Kevin, Thollard Franck, Thomas-Kihel Emilie, Tran Minh Tan, Valdeyron Gérard, Vega Alexandre, Versini Arnaud, Vieilleden Richard, Vydelingum Vissen, Yerima Borgui, Yin Moni.

Un merci particulier à mes collègues Laura Payet et Philippe Gallet pour leur soutien dans les développements techniques et documentaires d'un gros projet mené ensemble.

Mes remerciements s'adressent également à François Cote, Directeurs du département PERSYST pour son soutien et la nomination de son adjointe Nadine Zakhia-Rozys pour le représenter dans mon jury de soutenance. Merci à Florent Maraoux d'avoir accompagné mes travaux et m'avoir permis de me retirer un peu de la vie quotidienne du Cirad pour me consacrer à cet ouvrage.

Mes sincères remerciements s'adressent également à tous mes partenaires de recherche et d'activité. C'est avec grand plaisir que j'ai travaillé avec Axel Drieling au montage et à la réalisation de projets qui m'ont passionnés ; je veux le remercier à ce titre et pour l'amitié et la confiance qui se sont forgées au fil des activités, voyages et discussions dans des lieux souvent exotiques.

Je suis redevable à toute l'équipe de l'USDA ARS de Clemson, dirigée en son temps par Monsieur C. K. Bragg, qui m'a accueilli pendant ces neuf mois comme un des leurs. Ma pensée va plus particulièrement vers Messieurs D. Wessinger, J.D. Barger, D. Brushwood, L. Godbey et Madame J. Marcus. Je remercie Mike Watson et ses collègues pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire de *Cotton Incorporated*.

Mes remerciements s'adressent également à tous mes collègues des Services Nationaux de Recherche Agronomique, des Services de Classement du Coton, des organismes de développement des pays dans lesquels j'ai pu apporter ma contribution.

Je dédie avec respect et affection l'ensemble de ce travail à mon épouse, à mes parents, à ma sœur et sa famille, et à mes amis pour leur soutien, leurs encouragements et leur patience.

Avec affection pour la génération suivante : Mathilde, Marion, Corentin, Yanis, Agnès et Claire.

Le 21 mars 2013.

Partie 1 : Notice individuelle

« De même que manger sans faim est dommageable à la santé, étudier sans désir abîme la mémoire, qui ne retient rien de tout ce qu'elle touche. » Léonard de Vinci

Notice individuelle

Selon ANNEXE 2 de la Procédure HDR – CSR du 5 octobre 2012

CV type pour l'autorisation d'inscription en HDR

1 - Etat Civil

Jean-Paul Gourlot

Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD¹), département PERFORMANCE de SYSTèmes de production (PERSYST²)

UR102-Systèmes de Culture Annuels, Equipe 3-Laboratoire de Technologie et de Caractérisation des fibres naturelles (LTC³)

73, Rue Jean-François Breton

TA B 102/16

34398 Montpellier cedex 5, France

Email : jean-paul.gourlot@cirad.fr

tel : 33 (0) 4 67 61 58 75

fax : 33 (0) 4 67 61 56 67

2 - Titres Universitaires

Docteur en Sciences pour l'Ingénieur à l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Textiles de Mulhouse, Université de Haute Alsace (2002) sur une recherche intitulée : Effets des caractéristiques de fibres de coton sur la mesure de leur résistance mécanique. Contribution à l'étude de la qualité des mesures réalisées sur un instrument High Volume Instrument (HVI), thèse référence 02MULH0697.

Ingénieur textile ESITE (Ecole Supérieure des Industries Textiles d'Epinal, 1983 -1986) : Formation en école et stage de formation de 9 mois en entreprise comme responsable qualité du tissage France SA (140 métiers à tisser) et du service de contrôle qualité de tissu (3 équipes).

BTS en construction mécanique et automatismes (1981 – 1983) : Lycée St Joseph de Epinal, réalisation d'un robot à deux axes programmables par commande numérique.

3 - Parcours

Depuis novembre 2012	Montpellier, Cirad-Persyst ^(1, 2) <ul style="list-style-type: none">➤ Préparation d'une Habilitation à Diriger les Recherches➤ Chercheur➤ Elu au Conseil d'Unité de recherché (depuis mars 2012)<ul style="list-style-type: none">- Référent technique dans le cadre de la démarche d'assurance qualité sous référentiel ISO17025 pour le Laboratoire de Technologie et de Caractérisation des fibres naturelles de l'UR102 (à compter de 04/2011)
Sept 2008 – Octobre 2012	Montpellier, Cirad-Persyst ^(1, 2) <ul style="list-style-type: none">➤ Responsable de la mise en œuvre des activités CIRAD du projet CFC⁴/ICAC⁵/33

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elu au Conseil d'Unité de recherché (depuis mars 2012) ➤ Responsable d'animation qualité sous référentiel ISO17025 pour le Laboratoire de Technologie et de Caractérisation des fibres naturelles de l'UR102 (jusque 03/2011)
Avril 2008 – Sept. 2008	<p>Montpellier, Cirad-Persyst^(1, 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Responsable de l'équipe 3 de l'UR 102 « Systèmes de culture annuels » ➤ Responsable de la mise en œuvre des activités CIRAD du projet CFC/ICAC/33 ➤ Responsable d'animation qualité sous référentiel ISO17025 pour le Laboratoire de Technologie et de Caractérisation des fibres naturelles de l'UR102 (jusque 03/2011)
Oct. 2006 - Mars 2008	<p>Montpellier, Cirad-CA⁶, Laboratoire de Technologie Cotonnière</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Chercheur. ➤ Responsable de la mise en place d'un Système d'Assurance Qualité au Laboratoire de Technologie Cotonnière selon le référentiel ISO 17025
Sept. 2002 – Oct. 2006	<p>Montpellier, Cirad-CA, Laboratoire de Technologie Cotonnière</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Chercheur. ➤ Responsable de la mise en place d'un Système d'Assurance Qualité au Laboratoire de Technologie Cotonnière selon le référentiel ISO 17025 (depuis 2004)
Janvier 2001- Sept. 2002	<p>Montpellier, Cirad-CA, Laboratoire de Technologie Cotonnière</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Chercheur détaché pour finaliser les rapports du projet ICAC/CFC/11 intitulé 'Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness' financé par l'International Cotton Advisory Committee et le Common Fund for Commodities. (Voir rubrique ouvrage) <ul style="list-style-type: none"> - Préparation d'une thèse de doctorat auprès de l'Université de Haute Alsace, Laboratoire de Physique des Matières Textiles à Mulhouse.
Août 1998 - Déc. 2000	<p>Montpellier, Cirad-CA</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Chef du Projet « Technologie des Produits du Cotonnier » du Programme Coton ➤ Responsable du Laboratoire de Technologie Cotonnière ➤ Responsable scientifique du projet CFC/ICAC/11 'Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness' financé par l'International Cotton Advisory Committee et le Common Fund for Commodities.
Jan. - Juil 1998	<p>Montpellier, Cirad-CA, Laboratoire de Technologie cotonnière</p> <ul style="list-style-type: none"> - Responsable du laboratoire de technologie des fibres de coton
Mai 1997 - Jan.1998	<p>Expatriation aux USA, à l'USDA ARS⁷ Clemson</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Recherche/Formation
Juil. 1992 - Avr.1997	<p>Montpellier, CIRAD-CA, Unité de Recherche Technologie cotonnière</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Responsable du laboratoire de technologie des fibres de coton
Avr.1989 - Juin1992	<p>Montpellier, CIRAD-IRCT⁸</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Responsable du laboratoire d'analyses des fibres de la division de technologie
Sept.1988 - Fév.1989	Ronchamp Industrie, Ronchamp (70)

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Responsable qualité en filature "open-end" et filature classique, et de l'organisation des expéditions. ➤ Chargé du laboratoire de contrôle qualité.
Oct.1987 - Août1988	Laboratoire Inter-Régional de l'Habillage du Commissariat de l'Armée de Terre (LIHCAT) de Brétigny sur Orge Scientifique du Contingent
Sept.1986 - Oct.1987	Textiles de Ronchamp, Ronchamp (70) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Responsable du laboratoire de contrôle de filés et de la qualité en filature "open-end" et filature classique

Mes activités comptent également environ 400 missions internationales, dont j'estime 70% étaient liées à des activités de recherche, et 30 % à des activités d'expertise.

Nombre d'années dans le milieu de la recherche

23

4 - Activités d'enseignements

- Formation à la technologie cotonnière, environ 4-10 personnes en moyenne par an depuis 1989 :
- Niveau équivalent L1 – M2,
- Public de sélectionneurs et d'améliorateurs de variétés de cotonnier, de classeurs coton, de responsables d'usines d'égrenage et de transformation.
- Enseignements dispensés : utilisation et résultats des différents matériels de mesures classiques et HVI de mesures des caractéristiques technologiques des fibres de coton ; traitement et interprétation des résultats, organisation d'un laboratoire d'analyse et normalisation, montage et suivi d'une démarche qualité.
- Création des supports didactiques correspondants (équivalent de 30-50 pages/diapositives de supports didactiques révisés annuellement).
- Montage de 4 modules de formation 'professionnelle' et enseignement
- Niveau équivalent L1 – M2,
- Public de classeurs coton, de responsables d'usines d'égrenage et de transformation.
- Enseignements dispensés : caractérisation des fibres de coton : méthodes, limites, utilisation des résultats des différents matériels de mesures, organisation d'un laboratoire d'analyse, normalisation et harmonisation, montage et suivi d'une démarche qualité.
- Vacances
- Présentation sur le coton (aspects liés à la caractérisation physique), Licence professionnelle « Polymères », IUT de Montpellier (02/01/2007)
- Présentation sur le coton (aspects liés à la caractérisation physique), Licence professionnelle « Polymères », IUT de Montpellier (15/01/2008)

Nombre approximatif d'heures d'enseignement (équivalent TD)

1300 heures

5 - Activités liées à l'administration (gestion administrative, technique et scientifique d'équipes)

- 2012 : Elu au Conseil d'Unité (90 chercheurs)
- 2004-2011 : Responsable Animation Qualité du Laboratoire (15 chercheurs et techniciens).
- 2008 : Responsable de l'équipe 3 de l'UR 102 « Systèmes de culture annuels » (12 chercheurs et 10 techniciens).
- 1998-2000 : Chef du Projet « Technologie des Produits du Cotonnier » du Programme Coton et Responsable du Laboratoire de Technologie Cotonnière (15 chercheurs et techniciens).

Nombre approximatif d'années liées à des activités
d'administration/animation

13

6 - Activités liées à la recherche**6.1 - Prix déjà reçus pour un article ou la thèse**

N/A

6.2 - Participation à des comités scientifiques, comités d'édition, organisation de colloques, séminaires**6.2.1 - Organisation et co-organisation^o de séminaires internationaux**

- 2012^o : Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012.
- 2005^o : Atelier Régional de Formation dans le cadre du Programme Qualité de l'UEMOA⁹ sur l'élaboration, la préservation et la caractérisation de la qualité des fibres de coton, du 13 au 18 mai 2005 à Parakou (Bénin).
- 2001 : Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : projet CFC/ICAC/11 = Improvement of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness : project CFC/ICAC/11. Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France.
- 2000 : Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : séminaire, 26 juin 2000, Montpellier, France = Measurement of cotton fiber stickiness and ways of neutralization of its effect. Montpellier : CIRAD, Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.

Nombre de séminaires organisés ou co-organisés 4

6.2.2 - Activités de relecture pour des journaux scientifiques

- 'Reviewer' pour les revues suivantes : Textile Research Journal, Research Journal for Textile and Apparel, Journal of Industrial Textiles, Journal of Cotton Science.

Nombre approximatif de relectures effectives pour des 40 / 72
journaux scientifiques / nombre de demandes reçues**6.3 - Programmes d'échanges, collaborations, réseaux internationaux, projets nationaux et européens****6.3.1 - Programmes d'échange**

- 1997-1998 : Lors du Projet *Reference Strength Tester*, j'ai eu l'occasion de travailler pendant 10 mois au sein d'un laboratoire de recherche du Département d'Etat à l'Agriculture aux Etats-Unis d'Amérique à Clemson (USDA-ARS).

6.3.2 - Collaborations (liste indicative de collaborations activées sur 20 ans)

- Université de Haute Alsace, Laboratoire de Physique et de Mécanique Textiles, Mulhouse, France
- Université de Wad Medani, Soudan
- Université de Brême, Faserinstitut, Brême, Allemagne
- Université de Bangkok, KURDI, Bangkok, Thaïlande
- Université Texas Tech, Lubbock, Etats-Unis d'Amérique
- Université de Clemson, Clemson, Etats-Unis d'Amérique
- Ecoles (BTS, DUT, ingénieurs, DEA) : ENSAIT, ENSITM, ENSISA, EPSI, UM2, IUT, Lycée Mermoz.
- Cotton Incorporated, Cary, Etats-Unis d'Amérique

- United State Department of Agriculture, Agricultural Research Services et Agricultural Marketing Service, Memphis, Clemson, New Orleans, Etats-Unis d'Amérique
- CSIRO, Belmont, Australie
- CSIR, Port Elizabeth, Afrique du Sud
- Kurdi-Kasetsart University, Bangkok, Thaïlande
- Institut Français du Textile et de l'Habillement, Villeneuve d'Ascq, France
- Agricultural Research Corporation, Wad Medani, Soudan
- Services Nationaux de Recherche Agronomique en Afrique, pays africains
- Services de classement et de caractérisation des fibres de coton dans plus de 15 pays africains
- Compagnies cotonnières nationales, coopératives ou privées dans plus de 15 pays africains
- LZARDI, Mwanza, Tanzanie
- SONAPRA/AIC, Parakou, Bénin
- Tanzania Bureau of Standards - Tanzanian Cotton Board, RTC East, Dar Es Salaam Tanzanie
- CERFITEX-SOFITEX-RTC West, Ségou, Mali
- Union Européenne, Bruxelles, Belgique
- Fond Commun pour les Matières de Base, Amsterdam, Pays-Bas
- FACUAL, Cuiaba, Mato Grosso, Brésil
- Organisation des Nations-Unies pour le Développement Industriel, Vienne, Autriche
- Union Economique et Monétaire d'Afrique de l'Ouest, Programme qualité, Ouagadougou, Burkina Faso
- Uster Technologies Inc. Knoxville, Etats-Unis d'Amérique
- International Textile Manufacturers Federation, Zurich, Suisse
- SERCOM, SYDEL, Prodev, Montpellier, France

6.3.3 - Réseaux internationaux

- Nommé membre du comité de pilotage de l'ITMF-ICCTM¹⁰ (International Textile Manufacturers Federation – International Committee on Cotton Testing Methods) depuis 2012
- Nommé Coordinateur du groupe de travail « Stickiness » de l'ITMF-ICCTM (International Textile Manufacturers Federation – International Committee on Cotton Testing Methods) depuis 2006 jusqu'à 2012
- Membre des Groupes de Travail High Volume Instrument, maturité et collage de l'ITMF-ICCTM (International Textile Manufacturers Federation – International Committee on Cotton Testing Methods) depuis 1996
- Représentant de l'ITMF (International Textile Manufacturers Federation) au comité ICCSC¹¹ (International Calibration Cotton Standards Committee) depuis 1992
- Membre de l'AFNOR (Association Française de Normalisation) et du CEN (Comité Européen de Normalisation depuis 1992
- Membre du groupe de Porto (dissous)
- Membre du Groupe de Travail Universal Strength Tester, , dissous en 1999
- Responsable du groupe WG8 Technologie du Réseau Coton Méditerranéen de 1998 à 2004
- Membre du groupe CSITC¹² (Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton) de l'ICAC (International Cotton Advisory Committee) à partir de 2003

6.3.4 - Projets internationaux

2007-2012	➤	Projet CFC/ICAC/33 : Commercial Standardisation of Instrument Testing of Cotton for the Cotton Producing Developing Countries in Africa
2009-2012	➤	Projet ONUDI-CIV : mise en place d'un système de classement en Côte d'Ivoire
2006	➤	Projet ONUDI (Manuel Qualité)
	➤	Projet Uster Technologies (confidentiel)
2006-2008	➤	Projet Facual : appui à la filière brésilienne en égrenage et en classification

2006-2010	➤	Projet IAM : mise en place d'un système de classement au Mozambique
2005	-	Projet UEMOA-ONUDI (Expertise : mise en place d'un système d'accréditation, de normalisation et de promotion de la qualité, dans le cadre du Programme Qualité de l'UEMOA financé par l'Union européenne et mis en œuvre par l'ONUDI)
	➤	Projet CFC/ICAC/30FT : Fast Track — Commercial Standardisation of Instrument Testing of Cotton for the Cotton Producing Developing Countries in Africa
1997-2001	➤	Projet CFC/ICAC/11 : Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness
1996-1998	➤	Projet Reference Strength Tester

6.4 - Actions de valorisation, brevets, logiciels/matériels diffuses, autres réalisations...

6.4.1 - Logiciels

CATI¹³ : Counting Apparatus of Trash and Impurities : logiciel d'analyse d'image pour la caractérisation des débris de coques de graines de cotonnier dans les échantillons de fibres ; applications sur échantillons cardés, sur nappes de fibres ou sur planchettes de fils, images en couleurs.

Création : 1997. Utilisation : 1997 - ce jour.

Diffusion limitée aux partenaires du CIRAD, dans le cadre de projets d'amélioration variétale

Page web : <http://www.cirad.fr/innovation-expertise/produits-et-services/equipements-et-procedes/trashcam>

IDEAL99¹⁴ : Outils de simulation de casses en faisceaux de fibres parallèles à partir de relevés de casses de fibres individuelles

Création : 1999. Utilisation 1999 – ce jour.

Aucune diffusion

Pas de page web

SISTER¹⁵ : Système d'information pour le stockage, le traitement et l'évaluation des résultats de laboratoires de caractérisation physico-chimique (par ailleurs utilisé dans la gestion des banques de gènes)

Création : 1992. Utilisation : 1994 - ce jour.

Diffusion volontairement limitée au CIRAD malgré demandes multiples

Page web : <http://www.cirad.fr/innovation-expertise/produits-et-services/logiciels/sister>

Système automatique d'alertes relatives à des sorties de conditions normales de température et d'humidité de laboratoire.

Création : 2011. Utilisation 2011 – ce jour.

Aucune diffusion.

Pas de page web.

Trashcam : logiciel d'analyse d'image pour la caractérisation des débris de coques de graines de cotonnier dans les échantillons de fibres ; applications sur échantillons cardés, sur nappes de fibres ou sur planchettes de fils, images en niveaux de gris.

Création : 1994. Utilisation : 1994 - ce jour.

Diffusion limitée aux partenaires du CIRAD, dans le cadre de projets d'amélioration variétale

Page web : <http://www.cirad.fr/innovation-expertise/produits-et-services/equipements-et-procedes/trashcam>

6.4.2 - Logiciels et appareillages

Trashcam : appareillage et logiciel d'analyse d'image pour la caractérisation des débris de coques de graines de cotonnier dans les échantillons de fibres ; applications sur échantillons cardés, sur nappes de fibres ou sur planchettes de fils, images en niveaux de gris.

Création : 1994. Utilisation : 1994 - ce jour.

Diffusion limitée aux partenaires du CIRAD, dans le cadre de projets d'amélioration variétale.

Page web : <http://www.cirad.fr/innovation-expertise/produits-et-services/equipements-et-procedes/trashcam>

Homogenizing machine : appareillage de mélange fin des fibres de coton.

Principe posé 2005. Création 2008-2009. Utilisation : 2009 - ce jour.

Diffusion aux partenaires du Projet CFC/ICAC/33

Information sur le produit (pas de commercialisation encore) :

http://csitc.org/sitecontent/cfc_icac_project_33/public_documents_pj/000_FINAL_REPORT/Annexes/8.6-Annex_A_ActivityReport_D.2.2_Prototype_V3_&copies_PublicInformation.pdf

6.5 - Administration liée à la recherche (coordinateur de projet ou de programme, responsable d'équipe ou de laboratoire, etc.)

2007-2011	Projet CFC/ICAC/33 : Commercial Standardisation of Instrument Testing of Cotton (CSITC) for the Cotton Producing Developing Countries in Africa - Co-gestion du projet - Responsable scientifique de la composante D
2006	Projet Uster Technologies - Responsable technique et scientifique du projet (rapport confidentiel)
2005	Projet CFC/ICAC/30FT : Fast Track — Commercial Standardisation of Instrument Testing of Cotton for the Cotton Producing Developing Countries in Africa - Co-gestion du projet
1997-2001	Projet CFC/ICAC/11 : Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness - Co-gestion du projet - Responsable scientifique
1996-1998	Projet Reference Strength Tester - Correspondant scientifique du CIRAD pour le projet

7 - Encadrement

Sujet, Niveau, Thème, Etudiant	Nombre
Mise sous démarche qualité du LTC	16
Bac +2	9
Amélioration de l'interface du système de gestion de la pyramide documentaire du laboratoire SAROK Driss (2009 - 50%)	
Amélioration du système de gestion de la pyramide documentaire du laboratoire TRAN Minh Tan (2009 - 30%)	

Création d'un module de contrôle à distance des conditions climatiques des laboratoires MAURIN Benjamin (2011 - 25%)	
Création d'un logiciel de stockage, suivi et diagnostic d'un laboratoire 'SISTER' THOMAS-KIHEL Emilie (2008 - 70%)	
Installation et utilisation de SPLIT4. MARCHAL Christophe (2006 - 100%)	
Intégration des outils qualité sous SISTER4 VERSINI Arnaud (2008 - 30%)	
Orientation professionnelle, tests de validation de SISTER4 LEJEUNE Alain (2006 - 70%)	
Qualification des salles climatiques GUIBAL Sébastien (2007 - 100%)	
Qualification des salles climatiques et réglages d'un ouvrier fin de fibres de coton AZUARA Cyril (2009 - 100%)	
Bac +3	1
Qualification des salles climatiques et réglages d'un ouvrier fin de fibres de coton AZUARA Cyril (2010 - 50%)	
Bac +4	5
Création d'un logiciel de stockage, suivi et diagnostic d'un laboratoire 'SISTER' GINER Michel (1994 - 70%) MAHISTRE David (1994 - 70%) MILLET Lucie (1995 - 70%) NAVARRE Christine (1991 - 70%)	
SISTER et les banques de gènes GILLES François (1997 - 50%)	
Bac +5	
Le capital humain dans la mise en place d'une démarche qualité MORENO Julie-Marie (2007 - 100%)	
Recherche en technologie des fibres et des filés	35
Bac +2	4
Création d'un capteur de fibre Toulouse ROBERT Rémi (1998 - 100%)	
Création du site internet 'CSITC' SERRE Kevin (2009 - 50%)	
Etude de la relation entre taux de cires et colorimétrie des cotons LAPORTE Magali (2004 - 50%)	
Intégration de la routine d'analyse d'image dans le logiciel H2SD FONQUERME Eric (2009 - 30%)	
Bac +4	8
Amélioration de la précision des mesures sur chaîne HVI Motion Control 3500 TAMIME Omar (1995 - 100%)	
Création d'un logiciel d'analyse d'image 'Trashcam' / CATI CONSTANTIN Olivier (1992 - 70%) DAMIAND Guillaume (1995 - 50%) HUGON Marc (1994 - 70%) MANESCU Paul (1995 - 70%)	

RIVIERE Mathieu (2004 - 70%) THOLLARD Franck (1993 - 70%) Première étude pour la conception d'un ouvreur/mélangeur de fibres de coton ORSSAUD Véronique (2000 - 70%)	
Bac +5	15
Caractérisation de la maturité de fibres de coton par analyse d'image VALDEYRON Gérald (2001 - 100%) Création d'un logiciel d'analyse d'image 'Trashcam' / CATI DAMIAND Guillaume (1996 - 50%) GINER Michel (1998 - 80%) MANESCU Paul (1996 - 70%) VEGA Alexandre (1996 - 70%) HUGON Marc (1995 - 80%) Etude de l'influence des débris de coque sur la filabilité des fibres KRIFA Mourad (1997 - 50%) YIN Moni (2000 - 30%) VYDELINGUM Vissen (1999 - 50%) Etude des relations existant entre caractéristiques de fibre et celles des filés GUERINOT Sébastien (2000 - 100%) Mesure des longueurs de fibres JAEGER Bénédicte (1998 - 25%) Variabilité intra-balle des caractéristiques technologiques des fibres HUBL�� Pascal (2010 - 34%) Variabilité intra-balle du collage LANGLOIS Franck (2000 - 50%) Organisation d'une enq��tre nationale et internationale sur la perception de la qualité des fibres de coton TAMIME Omar (1997 - 50%) VIEILLEDEN Richard (1997 - 50%)	
Bac +8	8
Etude de l'influence des débris de coque sur la filabilité des fibres KRIFA Mourad (1997-2000 - 50%) - ARICL-FI-2, ARICL-FI-4, ARNCL-9 Filature cardée des cotons collants : Effet du collage sur la productivité et la qualité des filés TAMIME Omar (1997-2000 - 25%) - ARICL-FI-5 Lien entre qualité des fibres et prix YERIMA Borgui (2002-2006 - 10%) Mélange coton-soie thaïlandaise RUNGSIMA Cholakup (2001-2004 - 50%) Mesure de la surface spécifique des fibres de coton KAEWPRASIT Chongrak (1994-1997 - 30%) - ARICL-FI-7 Mesure du frottement inter-fibre et incidences AHMAD Sheraz (2010-2012 - 33%) NOWROUZIEH Sharam (2004-2007 - 25%) - ARICL-FI-6 Variabilité intra-balle des caractéristiques technologiques des fibres	

ABOE Modeste (2009-2012 - 60%) - ARICL-FI-1

Bac +9

2

Variabilité intra-balle des caractéristiques technologiques des fibres

LIU Riu (2003 - 50%)

LUKONGE Everina (2009-2012 - 80%)

Total général

53

8 - Synthèse des travaux et description des principaux résultats, projets, perspectives

Introduction : Le cadre principal de mon activité réside dans l'apport de la connaissance des méthodes de caractérisation et des méthodes de transformation des fibres de coton en étoffes au CIRAD (Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier). Grâce à ces connaissances, les recherches menées doivent conduire à des solutions applicables, en partant des pays producteurs jusqu'aux produits semi-transformés (filés), sur la base de caractérisations fiables et reconnues réalisées par son Laboratoire de Technologie et de Caractérisation des fibres naturelles (LTC). Pour le CIRAD, la filière coton concerne la production au champ avec la création variétale et l'agronomie, et inclut la récolte du coton-graine, son égrenage, sa valorisation économique et sociale, et l'utilisation des fibres en micro-filature, cette dernière étant prédictive des conditions industrielles. Ainsi, je me suis concentré sur la caractérisation instrumentale des fibres de coton (instrumentation, normalisation, harmonisation), sa reproductibilité, et son utilisation pour 'prévoir' la 'qualité' des produits qui en sont issus, cela pour créer au final des variétés de cotonnier dont les fibres sont adaptées à la demande.

Le fil conducteur qui m'a permis de développer ces sujets est le lien nécessaire entre la métrologie (création/adaptation instrumentale ou connaissance des principes et méthodologies d'analyse à disposition, définition de la gamme de validité des mesures, mode, type et préparation des échantillons, justesse et précision des résultats, représentativité des résultats) et l'utilisation des résultats de caractérisation pour des applications plus larges (comme la recherche technologique, l'amélioration variétale, la recherche agronomique, et toute l'expertise qui en résulte vers des applications pratiques). Ainsi, de manière générale, mes activités sont englobées dans les thématiques inter-dépendantes suivantes :

- A- Étudier / créer & développer / améliorer les mesures instrumentales sur fibres incluant leurs conditions d'utilisation (instrumentation, standardisation, harmonisation).
- B- Étudier l'importance du niveau, du type et du mode de préparation des échantillons sur l'évaluation des niveaux de variabilité mesurée.
- C- Évaluer les niveaux de variabilité des résultats de caractérisation aux différents stades de la production cotonnière en fonction des systèmes agronomiques utilisés.
- D- Étudier les interactions entre systèmes agronomiques de production des fibres, le niveau de production, et les moyennes et variabilités des caractéristiques technologiques des fibres.
- E- Étudier les méthodologies de traitement des résultats instrumentaux obtenus sur échantillons commerciaux pour améliorer productivité et qualité des productions cotonnières (du champ à l'égrenage).
- F- Étudier les méthodologies de traitement des résultats instrumentaux obtenus sur échantillons commerciaux pour préparer les lots de balles de moyennes et variabilités exigées (de l'égrenage au port).
- G- Étudier les relations entre caractéristiques de fibres et celles des filés.

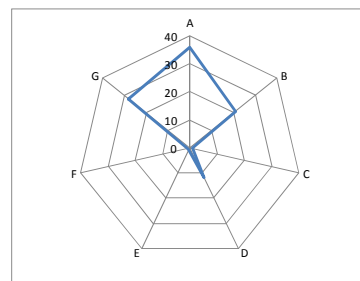
Dans ce cadre thématique, les programmations d'activités¹ successives du CIRAD et les projets auxquels j'ai contribué m'ont conduit à me pencher sur : 1) l'adaptation des conditions d'utilisation

¹ Avant son orientation intitulée « la science au centre » en 2006, le CIRAD reprenait le mandat des instituts d'appui technique aux pays en voie de développement qui requérait l'obtention de résultats applicables plutôt que des publications scientifiques reconnues. Cependant, la demande a peu à peu évolué successivement vers des

d'appareils de mesure intégrés dans les conditions d'un programme d'amélioration variétale, 2) l'étude de l'influence de certains contaminants (débris de coque, collage entomologique) sur la filabilité des fibres, 3) l'étude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres sur la mesure de leur ténacité, 4) l'application de l'utilisation d'appareils de mesure intégrés à l'échelle de la commercialisation des fibres, 5) l'étude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres, 6) la mise en œuvre d'une démarche qualité selon référentiel ISO 17025 pour le LTC, et 7) l'étude des mélanges de fibres de natures différentes.

8.1 - Adaptation des conditions d'utilisation d'appareils de mesure intégrés dans les conditions d'un programme d'amélioration variétale

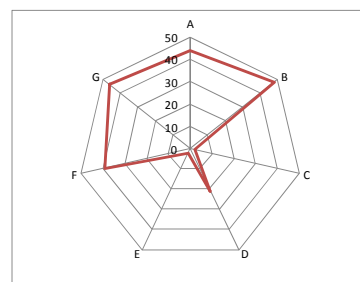
Les chaînes de mesures intégrées (CMI ou HVI® en anglais) de plusieurs caractéristiques technologiques de fibres de coton ont été créées dans les années 1980 pour caractériser commercialement des échantillons de fibres représentatifs des balles de coton produites. Appliquer les mêmes méthodes de caractérisation à l'étape de création variétale et lors des opérations commerciales nécessite la compréhension des principes de mesure utilisés et l'adaptation de ces caractérisations à la mesure sur de petits échantillons complètement indépendants les uns des autres, égrenés différemment et de moindre homogénéité obtenus dans le cadre de l'amélioration variétale. Les résultats des tests de milliers d'échantillons en provenance des différentes étapes des programmes de création variétale (souches, lignées, essais...) de nos pays partenaires ont permis d'estimer et de valider la mesure de la variabilité intra-échantillons, permettant la définition de modes opératoires garantissant des résultats répétables et fiables. Ce travail, réalisé seul ou avec encadrement d'élèves ingénieur textile, et en partenariat avec d'autres spécialistes de la recherche cotonnière, a été relaté lors de conférences internationales, de formations professionnelles, et a été publié. Depuis lors, toutes les variétés créées avec le CIRAD sont issues d'analyses utilisant cette technologie. Les graphes 'radar' par projet/activité représentent la part (pourcentages estimés) des thématiques concernées par l'activité décrite.



8.2 - Etude de l'influence de certains contaminants (débris de coque, collage entomologique) sur la filabilité des fibres

Les débris de coques de graines dans les fibres, créés à l'égrenage, perturbent le fonctionnement des machines de filature et dégradent la qualité des filés. En encadrant plusieurs élèves ingénieur en informatique, j'ai piloté la création d'un outil original d'analyse d'images capable de dénombrer et d'estimer la taille de débris de coque dans des voiles ou des nappes de fibres, ou sur des plaquettes de filés. Suite à des études d'estimation des précisions de mesure, cette méthode de caractérisation a été validée et a servi à : 1) l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique des fragments de coque dans la fibre de coton qui a conduit à la création de variétés au contenu en débris de coque nettement diminué (Thèse Bachelier, 1998 alors que j'étais Chef de l'équipe en charge), et 2) l'estimation de l'interaction des débris de coque avec les processus de filature et leur influence sur la qualité du fil (Thèse Krifa, 2001). Deux articles ont été publiés dans Textile Research Journal, et des communications et des cycles de formation ont été initiés à partir de ce travail.

Etant Chef de l'équipe et responsable scientifique du Projet CFC/ICAC/11 sur l'évaluation de l'effet du collage entomologique des fibres sur la filabilité des fibres, nous avons conduit l'étude de faisabilité du classement des cotons sur la base des résultats de mesure du collage. Une thèse (Thèse Fonteneau-Tamime, 2000), des articles dans Textile Research Journal, des communications et des rapports d'expertise ont été produits sur cette base. Les groupes de travail de l'International Textile Manufacturers Federation (ITMF),

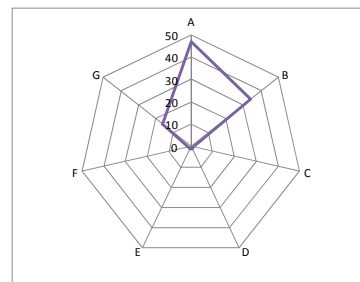


communications dans des conférences internationales, puis vers les publications dans des journaux scientifiques de renommée de plus en plus importante.

devant lesquels nos résultats sont souvent présentés, bénéficient encore de ces avancées.

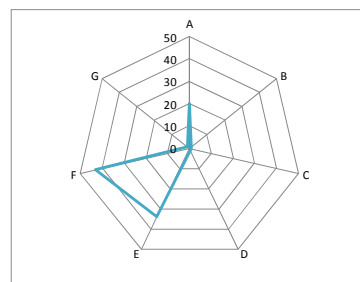
8.3 - Etude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres sur la mesure de leur ténacité

L'étalonnage des CMI¹⁶ pouvant se faire à des niveaux de lecture différents, il existait une confusion importante à la lecture de résultats d'analyse. Grâce à ma participation de représentant du CIRAD dans certaines instances internationales, il m'a été possible d'intégrer un groupe d'étude de la normalisation de la mesure de la ténacité des fibres de coton ayant pour base ces CMI. Cela m'a permis de travailler sur l'interaction des autres caractéristiques de fibres sur la mesure de la ténacité, de soutenir une thèse de doctorat (Thèse Gourlot, 2002) et de présenter les résultats dans des conférences internationales. Devant l'intérêt renouvelé de la communauté scientifique pour ce sujet, je suis en cours de rédaction de publications.



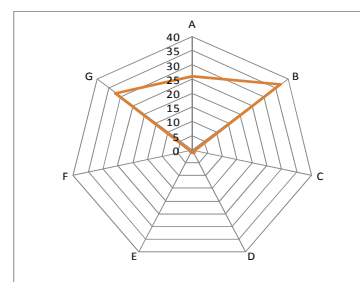
8.4 - Application de l'utilisation d'appareils de mesure intégrés à l'échelle de la commercialisation des fibres

Contrairement au reste du monde qui utilise quotidiennement les CMI, l'Afrique n'a pas encore ce niveau d'utilisation. Avec un collègue allemand, nous avons construit le projet CFC/ICAC/33 (environ 8 millions de USD) pour accompagner les pays producteurs dans l'instrumentalisation de leurs laboratoires. Outre ma participation à de nombreuses activités de ce projet, la composante D, sous ma responsabilité scientifique, était prévue pour évaluer les niveaux de variabilité intra et inter-balles de coton dans 15 pays africains afin de proposer un/des mode(s) opératoire(s) pour assurer la justesse des mesures et limiter des risques de litige entre vendeurs et acheteurs. Pour ce faire, j'ai co-encadré trois personnes (Thèse Aboé, 2012, post-doc Lukonge, 2012 et Master Hublé, 2010) ; plusieurs publications, ouvrages, chapitres d'ouvrage, communications, rapports d'expertise ont été produits à partir de ce travail (certains documents encore à venir).



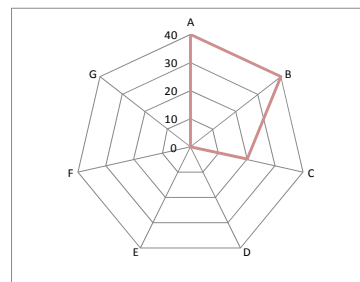
8.5 - Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres.

Suite à l'établissement de relations entre caractéristiques de filés et celles des fibres par le LTC avec ma contribution, l'hypothèse de l'importance du frottement inter-fibre sur leur filabilité a été posée par Frydrych (CIRAD), et Dréan et Sinoimeri (LPMT-UHA). Depuis lors, deux thèses (Nowrouzieh, 2007 et Ahmad, 2012) ainsi que des publications ont été consacrées au sujet avec mon co-encadrement. Un prototype d'appareil et un appareillage de mesure ont été créés et développés accompagnés de leurs modes opératoires d'utilisation.



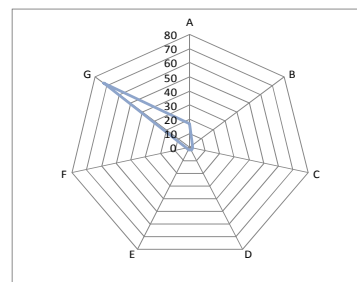
8.6 - Démarche qualité selon référentiel ISO 17025

Afin d'assurer la qualité des résultats de mesure produits par le LTC et utilisés dans les programmes de recherche/développement du CIRAD et de ses partenaires, j'ai initié et accompagné la mise sous démarche qualité des activités du Laboratoire selon le référentiel ISO17025. J'ai créé et mis en place des outils informatiques et méthodologiques complètement novateurs dès les années 1990. Ces outils ont ensuite été régulièrement actualisés et améliorés pour répondre aux nouvelles contraintes logicielles avec l'aide de nombreux élèves informaticiens dont j'assurais en grande partie l'encadrement. Le LTC a été accrédité en mars 2012 par un audit COFRAC¹⁷ d'experts indépendants.



8.7 - Etude des mélanges de fibres de natures différentes

Les fibres de coton sont souvent utilisées en mélange avec d'autres fibres naturelles ou chimiques. Des méthodologies de caractérisation des mélanges doivent donc être définies spécifiquement pour comprendre, prévoir et optimiser la filabilité des mélanges. Etant en charge de la mise en œuvre du Projet franco-thaïlandais DORAS, et en ayant été un des initiateurs, j'ai tenu à accompagner la thèse de R. Cholakup jusqu'à sa soutenance sur l'étude des mélanges coton et soie thaïlandaise (2004). Des publications et des communications en sont issues.



8.8 - Synthèse des résultats et perspectives

En résumant ces activités de recherche, j'ai co-encadré sept thèses et 53 stages étudiants de tous niveaux qui ont conduit à des productions écrites et orales. Ces activités m'ont permis de m'insérer dans le monde de la recherche appliquée aux activités de développement économique des pays en voie de développement. Des outils ont été également créés, développés ou adaptés par rapport, principalement, aux conditions d'utilisation des programmes d'amélioration variétale.

Cependant, il est encore nécessaire de mieux caractériser les fibres de coton et leur comportement en filature (Thématiques A, B, D et G). Ainsi, par exemple, l'étude du frottement inter-fibres doit être complétée par des études plus fines sur leur état de surface, sur les cires, sur l'impact de la torsion sur lesdits critères, sur la base de mesures sur fibres individuelles et éventuellement sur leur micro-structure. Il serait également nécessaire d'étudier davantage la thématique concernant l'étude des interactions entre modes de production des fibres, et le niveau de production et caractéristiques technologiques des fibres (Thématique C). Le bénéfice serait de mieux comprendre le lien entre les pratiques agricoles et les caractéristiques technologiques des fibres et sur les filés. En logique inverse, on pourrait déduire quelles seraient les meilleures conditions de production des fibres du coton (variétés, pratiques agronomiques et industrielles, mode d'assemblage des productions à chaque étape, ...) permettant de répondre à un cahier des charges particulier pour une utilisation donnée.

9 - Liste de publications (titre, revue, éditeur, année, pages) au 15/02/2013

Chapitre	Typologie	Nombre de Références
9.1	Articles dans des revues internationales avec comité de lecture	7
9.2	Articles dans des revues nationales avec comité de lecture	11
9.3	Livres ou chapitres de livres	34
9.4	Brevets	0
9.5	Articles dans des conférences internationales avec comité de lecture	59
9.6	Articles dans des conférences nationales avec comité de lecture	0
9.7	Conférences invitées dans des congrès nationaux ou internationaux	5
9.8a	Communications orales dans des conférences internationales et nationales	53
9.8b	Communications orales dans des conférences internationales et nationales ⁰	18
9.9	Posters	6
9.10	Rapports de recherche, papiers soumis etc.	15
9.11	Thèse	1
Total général		209

⁰ Ces communications ont été faites dans des conférences internationales de fin de Projets, avec public ouvert, avec orateurs internationaux sélectionnés en plus des partenaires de Projets, avec comité de lecture dont les membres sont choisis parmi les partenaires des Projets, et avec actes.

9.1 - Articles dans des revues internationales avec comité de lecture (ARICL)

Code UHA	Référence ARICL
ARICL-FI-1	Aboe M., Gurlot J.P., Gozé E., Hublé P., Sinoimeri A. 2012. New findings on within bale repeatability of measurements obtained with standardized instruments for testing cotton (SITC) in <i>Gossypium Hirsutum</i> Fiber produced in West and Central Africa. <i>Textile research journal</i> , 82 (14) : 1469-1484. [20120905]. http://dx.doi.org/10.1177/0040517511424532
ARICL-FI-2	Krifa M., Gurlot J.P., Frydrych R., Dréan J.Y. 2008. Effect of seed coat fragments on cotton yarn structure : impact of fragment size, attached fibres and position within yarn core. <i>Journal of the textile institute</i> , 99 (6) : 551-560.
ARICL-FI-3	Lacape M., Nguyen T.B., Courtois B., Bélot J.L., Giband M., Gurlot J.P., Gawrysiak G., Roques S., Hau B. 2005. QTL analysis of cotton fiber quality using multiple <i>Gossypium hirsutum</i> x <i>Gossypium bardadense</i> backcross generations. <i>Crop science</i> , 45 (1) : 123-140. http://crop.scijournals.org/cgi/reprint/45/1/123 ; cité 112 fois.
ARICL-FI-4	Krifa M., Gurlot J.P., Dréan J.Y. 2001. Effect of seed coat fragments on cotton yarn strength: Dependence on fiber quality. <i>Textile research journal</i> , 71 (11) : 981-986.
ARICL-FI-5	Fonteneau Tamime O., Gurlot J.P., Gozé E. 2001. Carded spinning of sticky cotton. Part II: Stickiness effects on quality. <i>Textile research journal</i> , 71 (12) : 1046-1052.
ARICL-FI-6	Nowrouzieh S., Sinoimeri A., Dréan J.Y., Frydrych R., Gurlot J.P. 2007. Inter fiber frictional model. <i>Research journal of textile and apparel</i> , 11 (4) : 64-70.
ARICL-FI-7	Kaewprasit C., Héquet E., Abidi N., Gurlot J.P. 1998. Quality measurements. Application of methylene blue adsorption to cotton fiber specific area measurement. Part 1. Methodology. <i>Journal of Cotton Science</i> , 2 (4) : 164-173.

9.2 - Articles dans des revues nationales avec comité de lecture (ARNCL)

Code UHA	Référence ARNCL
ARNCL-1	Gurlot J.P., Bachelier B., Braye D., Brunissen C., Duplan S., Favreau B., Francalanci P., Frydrych R., Gawrysiak G., Krifa M., Lassus S., Marquié C., Nieweadomski J.C., Tamime O., Vialle M., Vialettes V. 1999. Recherche et développement en technologie : mesurer et améliorer la qualité des produits du cotonnier, créer de nouveaux débouchés : I. Introduction : la technologie, à la croisée du marché, de la production et de la transformation = Technology research and development: measuring and improving cotton product quality, creating new outlets. I. Introduction: technology, the interface between the market, production and processing. <i>Agriculture et développement</i> (22) : 92-93.
ARNCL-2	Gurlot J.P., Bachelier B., Braye D., Brunissen C., Duplan S., Favreau B., Francalanci P., Frydrych R., Gawrysiak G., Krifa M., Lassus S., Marquié C., Nieweadomski J.C., Tamime O., Vialle M., Vialettes V. 1999. Recherche et développement en technologie : mesurer et améliorer la qualité des produits du cotonnier, créer de nouveaux débouchés : II. Les étapes de transformation du coton graine : homogénéiser les produits pour passer le crible du marché mondial = Technology research and development: measuring and improving cotton product quality, creating new outlets. II. Cottonseed processing stages: product standardization in response to market demand. <i>Agriculture et développement</i> (22) : 94-100.
ARNCL-3	Gurlot J.P., Bachelier B., Braye D., Brunissen C., Duplan S., Favreau B., Francalanci P., Frydrych R., Gawrysiak G., Krifa M., Lassus S., Marquié C., Nieweadomski J.C., Tamime

Code UHA	Référence ARNCL
	O., Vialle M., Vialettes V. 1999. Recherche et développement en technologie : mesurer et améliorer la qualité des produits du cotonnier, créer de nouveaux débouchés : III. La fibre de coton : des recherches approfondies pour une filière très organisée = Technology research and development: measuring and improving cotton product quality, creating new outlets. III. Cotton fibre: in-depth research for a highly organized commodity chain. <i>Agriculture et développement</i> (22) : 101-106.
ARNCL-4	Gourlot J.P., Bachelier B., Braye D., Brunissen C., Duplan S., Favreau B., Francalanci P., Frydrych R., Gawrysiak G., Krifa M., Lassus S., Marquié C., Nieweadoński J.C., Tamime O., Vialle M., Vialettes V. 1999. Recherche et développement en technologie : mesurer et améliorer la qualité des produits du cotonnier, créer de nouveaux débouchés : IV. La graine de cotonnier : une source potentielle de nouveaux produits alimentaires ou industriels = Technology research and development: measuring and improving cotton product quality, creating new outlets. IV. Cottonseed: a potential source of new food or industrial products. <i>Agriculture et développement</i> (22) : 107-111.
ARNCL-5	Gourlot J.P., Ali A.M., Abdellatif A., Abdalla A.R. 2011. Improvement of the marketability of cotton produced in the zones affected by stickiness (CFC/ICAC 11). <i>ICAC RECORDER</i> , 29 (4) : 13-15. [20120207]. http://icac.org/wp-content/uploads/2011/05/recorder_december_2011.pdf
ARNCL-6	Gourlot J.P., Ali A.M., Abdellatif A., Abdalla A.R. 2011. Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage (CFC/ICAC/11). <i>ICAC RECORDER</i> , 29 (4) : 51-53. [20120207]. http://icac.org/wp-content/uploads/2011/05/recorder_december_2011.pdf
ARNCL-7	Gourlot J.P., Ali A.M., Abdellatif A., Abdalla A.R. 2011. Mejoramiento de la comerciabilidad del algodón producido en zonas afectadas por la pegajosidad (CFC/ICAC 11). <i>ICAC RECORDER</i> , 29 (4) : 92-94.[20120207]. http://icac.org/wp-content/uploads/2011/05/recorder_december_2011.pdf
ARNCL-8	Gourlot J.P., Frydrych R., Bachelier B. 2004. New solutions for solving cotton stickiness : as sticky cotton continues to concern spinner, CIRAD researchers continue to look for new ways to solve the problem. <i>Cotton international</i> , 71 : 111-112.
ARNCL-9	Dréan J.Y., Krifa M., Gourlot J.P. 1998. Débris de coques en filature. <i>Industrie Textile</i> (1295) : 33-35.
ARNCL-10	Gourlot J.P., Héquet E. 1994. Recherche cotonnière : comment utiliser les chaînes HVI (High Volume Instrument) en amélioration variétale ? = Investigacion algodонера : como utilizar las cadenas HVI para mejoramiento varietal ?= Cotton research : how are HVI used in varietal improvement ?. <i>Agriculture et développement</i> (2) : 39-43.
ARNCL-11	Frydrych R., Gourlot J.P. 1993. Evaluation de la résistance du fil à partir des caractéristiques technologiques de la fibre obtenues sur HVI = Yarn strength evaluation based on technological fibre characteristics obtained on HVI. <i>Coton et Fibres Tropicales</i> , 48 (3) : 201-206.

9.3 - Livres ou chapitres de livres (L-CL)

Code UHA	Référence L-CL
L-CL-1	Drieling A. (ed.), Gourlot J.P. (ed.) . 2012. Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. Amsterdam : CFC, 106 p. (Technical Paper : CFC, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-2	Drieling A., Gourlot J.P., Knowlton J. 2012. Guideline for standardized instrument testing of cotton : ICAC task force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM).

Code UHA	Référence L-CL
	Washington : ICAC, 44 p. http://icac.org/wp-content/uploads/2012/05/csitc_guideline_v1-1_long.pdf
L-CL-3	Gourlot J.P. (ed.), Drieling A. (ed.). 2012. Final report about the within and between-bales variability studies conducted in Africa CFC/ICAC/33 Project, "CSITC" = Rapport final des études de variabilité intra et inter-balles en Afrique CFC/ICAC/33 Projet "CSITC". Montpellier : CIRAD, 288 p. ISBN : 978-2-87614-686-0. EAN: 9782876146860
L-CL-4	Gourlot J.P., Gawrysiak G., Bachelier B. 2006. Manuel qualité pour les filières cotonnières UEMOA. 4, Classement de la fibre de coton. Vienne : UNIDO, 51 p. ISBN 92-1-206191-5 / 9-789212-061870
L-CL-5	Gourlot J.P. (ed.), Frydrych R. (ed.). 2001. Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : projet CFC/ICAC/11 = Improvement of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness : project CFC/ICAC/11. Amsterdam : CFC, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France. ISBN : 2-87614-444-1 ISSN : 1264-112X
L-CL-6	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L., Gozé E. 2012. Experiment for measuring the between-bale variability for each fibre technological characteristic = Expérimentation pour la mesure de la variabilité inter-balles des caractéristiques technologiques des fibres. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Drieling Axel (ed.). Final report about the within and between-bales variability studies conducted in Africa CFC/ICAC/33 Project, "CSITC". Montpellier : CIRAD, p. 137-217. ISBN : 978-2-87614-686-0. EAN: 9782876146860
L-CL-7	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L., Gozé E. 2012. Experiment for measuring the between-bales variability for each fibre technological characteristic ALONG THE GINNING SEASON = Expérimentation pour la mesure de la variabilité intra-balle des caractéristiques technologiques des fibres PENDANT LA SAISON D'EGRENAGE. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Drieling Axel (ed.). Final report about the within and between-bales variability studies conducted in Africa CFC/ICAC/33 Project, "CSITC". Montpellier : CIRAD, p. 218-259. ISBN : 978-2-87614-686-0. EAN: 9782876146860
L-CL-8	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L., Gozé E. 2012. Experiment for measuring the within-bale variability for each fiber technological characteristic = Expérimentation pour la mesure de la variabilité intra-balle des caractéristiques technologiques des fibres. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Drieling Axel (ed.). Final report about the within and between-bales variability studies conducted in Africa CFC/ICAC/33 Project, "CSITC". Montpellier : CIRAD, p. 48-136. ISBN : 978-2-87614-686-0. EAN: 9782876146860
L-CL-9	Gourlot J.P., Drieling A. 2012. Introduction: Explanation of the objective = Introduction : Explication de l'objectif. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Drieling Axel (ed.). Final report about the within and between-bales variability studies conducted in Africa CFC/ICAC/33 Project, "CSITC". Montpellier : CIRAD, p. 24-25. ISBN : 978-2-87614-686-0. EAN: 9782876146860
L-CL-10	Gourlot J.P., Drieling A. 2012. Overview about the general conclusions about the performed experiments by gin = Aperçu des conclusions générales des expérimentations menées par usine. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Drieling Axel (ed.). Final report about the within and between-bales variability studies conducted in Africa CFC/ICAC/33 Project, "CSITC". Montpellier : CIRAD, p. 26-47. ISBN : 978-2-87614-686-0. EAN: 9782876146860
L-CL-11	Drieling A., Gourlot J.P. 2012. Status and development of instrument testing in the regions. In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. Amsterdam : CFC, p. 27-31. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4

Code UHA	Référence L-CL
	EAN: 9782876146884
L-CL-12	Drieling A., Gourlot J.P. 2012. Cotton test method. In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. Amsterdam : CFC, p. 69-72. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-13	Gourlot J.P. 2012. Power supply (Technical development study). In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. Amsterdam : CFC, p. 75. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-14	Gourlot J.P. 2012. Climate control (Technical development study). In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. Amsterdam : CFC, p. 76-77. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-15	Gourlot J.P. 2012. Cotton homogenizer. In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. Amsterdam : CFC, p. 82-83. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-16	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L. 2012. Variability study of the cotton fibers technological characteristics as measured by Standardized Instrument Testing Devices (SITC). In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). <i>Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33</i> . Amsterdam : CFC, p. 84-85. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-17	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L. 2012. Within bale variability study of the cotton fibers technological characteristics as measured by Standardized Instrument Testing Devices (SITC). In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). <i>Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33</i> . Amsterdam : CFC, p. 86-88. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-18	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L. 2012. Between bales variability study of the cotton fibers technological characteristics as measured by Standardized Instrument Testing Devices (SITC). In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). <i>Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33</i> . Amsterdam : CFC, p. 88-91. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-19	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L. 2012. General conclusion and comparison between objectives and achievements. In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). <i>Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33</i> . Amsterdam : CFC, p. 92-93. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-20	Drieling A., Gourlot J.P., Wheeler D. 2012. Impact assessment of the CFC/ICAC/33 project. In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). <i>Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33</i> . Amsterdam : CFC, p. 94-96. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-21	Drieling A., Gourlot J.P. 2012. Final conclusions. In : Drieling Axel (ed.), Gourlot Jean-Paul (ed.). Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. Amsterdam : CFC, p. 101-

Code UHA	Référence L-CL
	102. (Technical Paper, 60). ISBN: 978-2-87614-688-4 EAN: 9782876146884
L-CL-22	Drieling A., Gurlot J.P. 2010. Cotton/worldwide harmonisation. In : Müssig Jörg (ed.). <i>Industrial applications of natural fibres : structure, properties and technical applications</i> . Chichester : Wiley-Blackwell [Royaume-Uni], p. 353-370. ISBN 978-0-470-69508-1
L-CL-23	Gurlot J.P., Gawrysiak G., Frydrych R. 2003. Medicion de las características de la fibra de algodón sobre cadenas HVI e influencia sobre la calidad de los hilados. In : Marqué Catherine (ed.), Viot Christopher (ed.). <i>Actas del 1er seminario sobre la preservacion de la calidad de la fibra de algodón durante el desmote industrial en Paraguay</i> . Ascuncion : Ediciones y Arte, p. 27-35. Seminario sobre la Preservacion de la Calida de la Fibra de Algodon durante el Desmote Industrial en Paraguay, 2002-02-25/2002-02-28, Caacupé y Coronel Oviedo, Paraguay.
L-CL-24	Gurlot J.P., Bachelier B., Gawrysiak G., Frydrych R. 2005. Elaboration, préservation et caractérisation de la qualité des fibres de coton, du 13 au 18 mai 2005 à Parakou (Bénin) : Tome 1. Recueil des exposés présentés durant l'atelier régional de formation. Tome 2. Annexes. Montpellier : CIRAD-CA, 2 vol. (303, 300 p.). Atelier Régional de Formation dans le cadre du Programme Qualité de l'UEMOA, 2005-05-13/2005-05-18, Parakou, Bénin.
L-CL-25	Gurlot J.P. (ed.), Frydrych R. (ed.) . 2001. Improvement of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness : proceedings of the final seminar, Lille, France, July 4-7, 2001. Amsterdam : CFC, 191-5 p. Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France.
L-CL-26	Gurlot J.P. (ed.), Frydrych R. (ed.) . 2001. Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire, 26 juin 2000, Montpellier, France = Measurement of cotton fiber stickiness and ways of neutralization of its effect. Montpellier : CIRAD, 136 p. (Colloques : CIRAD). Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.
L-CL-27	Gurlot J.P. (ed.), Frydrych R. (ed.) . 2001. Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : actes du séminaire, Lille, France, 4-7 juillet 2001. Amsterdam : CFC, 195-5 p. Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France.
L-CL-28	Gurlot J.-P., Frydrych R., Scientific Editors . 2001. Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage. CFC Technical Paper No 17. Montpellier, France, Cirad, CFC - Technical Papers. 89p.
L-CL-29	Drieling A., Gurlot J.-P., Knowlton J. , (Scientific Editors), 2012. Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton, ICAC Task Force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton and ITMF International Committee on Cotton Testing Methods, Version 1.1, Short version. Published by the International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C., USA and the International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich, Switzerland, www.csitc.org , www.icac.org , www.itmf.org , 18 p.
L-CL-30	Drieling A., Gurlot J.P., Knowlton J. 2012. Guideline for standardized instrument testing of cotton = version chinoise : ICAC task force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM). Washington : ICAC, 44 p.
L-CL-31	Drieling A., Gurlot J.P., Knowlton J. 2012. Guideline for standardized instrument testing of cotton = Ligne directrice pour la normalisation du classement du coton par instruments, version française : ICAC task force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM). Washington : ICAC, 44 p.

Code UHA	Référence L-CL
L-CL-32	Drieling A., Gurlot J.P., Knowlton J. 2012. Guideline for standardized instrument testing of cotton = Manual Para A Padronização Da Classificação Instrumental Do Algodão, version portugaise (Brésil) : ICAC task force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM). Washington : ICAC, 44 p.
L-CL-33	Drieling A., Gurlot J.P., Knowlton J. 2012. Guideline for standardized instrument testing of cotton = version russe : ICAC task force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM). Washington : ICAC, 44 p.
L-CL-34	Drieling A., Gurlot J.P., Knowlton J. 2012. Guideline for standardized instrument testing of cotton = Directriz sobre la Normalización de las Pruebas Instrumentales del Algodón, version espagnole : ICAC task force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM). Washington : ICAC, 44 p.

9.4 - Brevets

RAS

9.5 - Articles dans des conférences internationales avec comité de lecture (ACI-CL)

Code UHA	Référence ACI-CL
ACI-CL-1	Gurlot J.P. 2012. 2012 Updated bibliography on stickiness causes, measurements and consequences : ICCT-ITMF stickiness working group bremen march 2012. In : 31st International Cotton Conference, Bremen, Germany , 21st - 24th March 2012. s.l. : s.n., 13 p. International Cotton conference. 31, 2012-03-21/2012-03-24, Brême, Allemagne.
ACI-CL-2	Gurlot J.P. 2012. International Textile Manufacturers Federation (ITMF) International Cotton Committee on Testing Methods (ICCTM) stickiness WG Introduction : ICCT-ITMF stickiness working group bremen march 2012. In : 31st International Cotton Conference, Bremen, Germany , 21st - 24th March 2012. s.l. : s.n., 1 diaporama (25 vues). International Cotton conference. 31, 2012-03-21/2012-03-24, Brême, Allemagne.
ACI-CL-3	Gurlot J.P., Aboe M., Lukonge L. 2012. Within and between bale variability of instrumental data: measurement and practical incidence on cotton trading for cotton produced in Africa. In : Marquardt Friedrich (ed.). Proceedings of the 31th International Cotton Conference, Bremen, March 21-24, 2012 : competition / compatibility. Brême : Faserinstitut Bremen, p. 99-121. International Cotton conference. 31, 2012-03-21/2012-03-24, Brême, Allemagne.
ACI-CL-4	Lukonge L., Aboe M., Gurlot J.P., Gozé E., Hublé E. 2011. The within bale repeatability of standardized instruments for testing cotton fiber produced in Africa. In : Venugopalan M.V. (ed.), Balasubramanya R.H. (ed.), Kranthi Sandhya (ed.), Blaise (ed.). World Cotton Research Conference-5, Mumbai, 7-11 November 2011. Theme : Technologies for prosperity. Book of papers (Oral presentation of WCRC-5). New Delhi : Excel India Publishers, p. 500-507. World Cotton Research Conference. 5, 2011-11-07/2011-11-12, Mumbai, Inde.
ACI-CL-5	Aboe M., Lukonge L., Gozé E., Sinoimeri A., Gurlot J.P. 2011. Within-Bale variability study on cotton produced in Africa. In : 11th World Textile Conference AUTEX2011, 8-10 June 2011, Mulhouse, France. 150 Years of Innovation and Research in Textile Science . s.l. : s.n., p. 969-971. World Textile Conference AUTEX2011. 11, 2011-06-08/2011-06-10, Mulhouse, France.

Code UHA	Référence ACI-CL
ACI-CL-6	Payet L., Gurlot J.P., Azuara C. 2010. Variability results of homogenized cottons by a new laboratory homogenizing machine. In : 30th International Cotton Conference, Bremen (Germany), 24-27 March 2010. s.l. : s.n., 1 diaporama (38 vues). International Cotton Conference. 30, 2010-03-24/2010-03-27, Brême, Allemagne.
ACI-CL-7	Goze E., Gurlot J.P., Lassus S. 2010. Measurements based on counts : variability and methods of analysis. In : ITMF, ICCTM Stickiness Working Group, Bremen, March 2010. s.l. : s.n., 1 diaporama (33 vues). ITMF, ICCTM Stickiness Working Group, 2010-03, Brême, Allemagne.
ACI-CL-8	Gurlot J.P. 2010. Introduction. In : ITMF-ICCTM Stickiness Working Group, Bremen, March 2010. s.l. : s.n., 1 diaporama (50 vues). ITMF, ICCTM Stickiness Working Group, 2010-03, Brême, Allemagne.
ACI-CL-9	Gurlot J.P. 2010. Bibliography on stickiness causes, measurements and consequences. In : ITMF-ICCTM Stickiness Working Group, Bremen, March 2010. s.l. : s.n., 13 p. ITMF, ICCTM Stickiness Working Group, 2010-03, Brême, Allemagne.
ACI-CL-10	Frydrych R., Bachelier B., Gurlot J.P. 2008. About fibre conservation in the frame creation of reference materials for stickiness testers. In : ITMF. 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany . s.l. : s.n., 1 diaporama (5 vues). International Cotton Conference. 29, 2008-04-02/2008-04-05, Brême, Allemagne
ACI-CL-11	Frydrych R., Gurlot J.P., Bachelier B., Gawrysiak G. 2008. Extract on bibliography on stickiness for the ITMF stickiness working group 2008. In : ITMF. 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany . s.l. : s.n., 12 p. International Cotton Conference. 29, 2008-04-02/2008-04-05, Brême, Allemagne.
ACI-CL-12	Gurlot J.P. 2008. Stickiness working group. Other information . In : ITMF. 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany. s.l. : s.n., 1 diaporama (5 vues). International Cotton Conference. 29, 2008-04-02/2008-04-05, Brême, Allemagne.
ACI-CL-13	Gurlot J.P., Frydrych R., Bachelier B. 2008. Stickiness working group. Introduction. In : ITMF. 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany . s.l. : s.n., 1 diaporama (30 vues). International Cotton Conference. 29, 2008-04-02/2008-04-05, Brême, Allemagne.
ACI-CL-14	Gawrysiak G., Lassus S., Gurlot J.P., Goze E. 2008. Calibration, measurements stability and replacement of standard cottons for an FMT3. In : World Cotton Research Conference 4 : Lubbock, United-States, September 10-14, 2007. Madison : Omnipress. World Cotton Research Conference. 4, 2007-09-10/2007-09-14, Lubbock, Etats-Unis.
ACI-CL-15	Goze E., Frydrych R., Gurlot J.P., Lassus S. 2008. Comparison of stickiness results from different instruments, observations based on an international round-trial. In : ITMF. 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany . s.l. : s.n., 1 diaporama (41 vues). International Cotton Conference. 29, 2008-04-02/2008-04-05, Brême, Allemagne.
ACI-CL-16	Goze E., Gurlot J.P., Lassus S., Frydrych R. 2008. Quality criteria of measurements based on counts. In : ITMF. 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany . s.l. : s.n., 1 diaporama (20 vues). International Cotton Conference. 29, 2008-04-02/2008-04-05, Brême, Allemagne.

Code UHA	Référence ACI-CL
ACI-CL-17	Gourlot J.P., Giner M., Hunter L., Boubaker M., Dréan J.Y. 2005. CATI: Application of image analysis systems for seed coat fragment detection and on other fibre characterization. In : Proceedings of the Beltwide Cotton Conference 2005, New Orleans, USA, 4-7/01/05. Memphis : NCCA, p. 2318-2327. Beltwide Cotton Conferences, 2005-01-04/2005-01-07, New Orleans, Etats-Unis.
ACI-CL-18	Gozé E., Frydrych R., Gourlot J.P., Lassus S., Bachelier B. 2005. The H2SD: Inter-laboratory test results. In : Proceedings of the Beltwide Cotton Conference 2005, New Orleans, USA, 4-7/01/05. Memphis : NCCA, p. 2342-2346. Beltwide Cotton Conferences, 2005-01-04/2005-01-07, New Orleans, Etats-Unis.
ACI-CL-19	Gozé E., Lassus S., Frydrych R., Bachelier B., Gourlot J.P. 2005. H2SD round test: inter-laboratory results. In : NCC. Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, January 4-7, 2005 . s.l. : s.n., 1 diaporama (28 vues). Beltwide Cotton Conferences, 2005-01-04/2005-01-07, New Orleans, Etats-Unis.
ACI-CL-20	Gourlot J.P., Gérardeaux E., Frydrych R., Gawrysiak G., Francalanci P., Gozé E., Dréan J.Y., Liu R. 2005. Sampling issues for cotton fiber quality measurements. Part 2 : Impact on cotton testing instruments results. In : NCC. Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, January 4-7, 2005 . s.l. : s.n., 1 diaporama (31 vues). Beltwide Cotton Conferences, 2005-01-04/2005-01-07, New Orleans, Etats-Unis.
ACI-CL-21	Gourlot J.P., Gérardeaux E., Frydrych R., Gawrysiak G., Francalanci P., Gozé E., Dréan J.Y., Liu R. 2005. Sampling issues for cotton fiber quality measurements. Part 2 : Impact on cotton testing instruments results. In : Proceedings of the Beltwide Cotton Conference 2005, New Orleans, USA, 4-7/01/05. Memphis : NCCA, p. 2328-2341. Beltwide Cotton Conferences, 2005-01-04/2005-01-07, New Orleans, Etats-Unis.
ACI-CL-22	Gourlot J.P., Hunter L., Giner M., Boubaker M., Dréan J.Y. 2005. CATI: Application of image analysis systems for seed coat fragment detection and on other fibre characterization. In : NCC. Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, January 4-7, 2005 . s.l. : s.n., 1 diaporama (34 vues). Beltwide Cotton Conferences, 2005-01-04/2005-01-07, New Orleans, Etats-Unis.
ACI-CL-23	Gourlot J.P. 2004. Statement of Centre de coopération internationale en recherche pour le développement (CIRAD). In : Statement, 63 rd Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee, Mumbai, India, November-December 2004. Washington : ICAC, p. 15-16. Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee. 63, 2004-11-28/2004-12-03, Mumbai, Inde.
ACI-CL-24	Gourlot J.P. 2004. Texte de proposition du Cirad pour le groupe ICAC CSITC. In : Gourlot Jean-Paul, Bachelier Bruno. Participation à l'expert panel ICAC CSITC aux groupes de travail de l'ITMF à la 27ème Conférence cotonnière internationale : rapport de mission à Brême (Allemagne) du 21 au 26 mars 2004. Montpellier : CIRAD, p. 1-9. Conférence cotonnière internationale. 27, 2004-03-22/2004-03-26, Brême, Allemagne.
ACI-CL-25	Bachelier B., Frydrych R., Gourlot J.P. 2004. High speed stickiness detector (H2SD) : measurements for the cotton sector. In : Schneider T. (ed.), Heap S.A. (ed.), Stevens J.C. (ed.). International cotton conference Bremen : Proceedings 2000, Proceedings 2002, Proceedings 2004. Breme : Faserinstitut, p. 29-40. International Cotton Conference. 27, 2004-03-24/2004-03-27, Brême, Allemagne.
ACI-CL-26	Bachelier B., Frydrych R., Gourlot J.P., Gozé E. 2004. High speed stickiness detector (H2SD) : measurements for the cotton sector. In : Gourlot Jean-Paul, Bachelier Bruno. Participation à l'expert panel ICAC CSITC aux groupes de travail de l'ITMF à la 27ème Conférence cotonnière internationale : rapport de mission à Brême (Allemagne) du 21 au 26 mars 2004. Montpellier : CIRAD, p. 29-40. Conférence cotonnière internationale. 27, 2004-

Code UHA	Référence ACI-CL
	03-22/2004-03-26, Brême, Allemagne.
ACI-CL-27	Frydrych R., Gourlot J.P., Gozé E., Lebrun B., Lassus S., Nieweadowski J.C., Dréan J.Y., Lekcir M. 2004. Sampling issues for stickiness measurements. In : Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences : 2002-2004 full papers, cotton pest loss database. Memphis : NCCA, p. 2417(1 p.). Beltwide Cotton Conferences, 2004-01-05/2004-01-09, San Antonio, Etats-Unis.
ACI-CL-28	Frydrych R., Gourlot J.P., Bachelier B., Gozé E., Lebrun B., Lassus S., Nieweadowski J.C. 2004. Overview on Cirad researches with particular emphasis on stickiness In : Proceedings - International committee on cotton testing methods : Proceedings 2004, proceedings 2002, proceedings 2000, proceedings 1998, summary proceedings 1980-1996. Zurich : ITMF, 1 diaporama (22 vues). International Committee on Cotton Testing Methods, 2004-03-23/2004-03-24, Brême, Allemagne.
ACI-CL-29	Frydrych R., Gourlot J.P., Bachelier B., Gozé E., Lebrun B., Lassus S., Nieweadowski J.C. 2004. Overview on CIRAD researches with particular emphasis on stickiness. In : Gourlot Jean-Paul, Bachelier Bruno. Participation à l'expert panel ICAC CSITC aux groupes de travail de l'ITMF à la 27ème Conférence cotonnière internationale : rapport de mission à Brême (Allemagne) du 21 au 26 mars 2004. Montpellier : CIRAD, 1 diaporama (23 vues). Conférence cotonnière internationale. 27, 2004-03-22/2004-03-26, Brême, Allemagne.
ACI-CL-30	Fadlalla A.S., Gozé E., Ali A.M., Frydrych R., Gourlot J.P. 2004. Possibility of classifying cotton on level of stickiness (separating non sticky from sticky cotton). In : Schneider T. (ed.), Heap S.A. (ed.), Stevens J.C. (ed.). International cotton conference Bremen : Proceedings 2000, Proceedings 2002, Proceedings 2004. Breme : Faserinstitut, p. 253-261. International Cotton Conference. 26, 2002-03-13/2002-03-16, Brême, Allemagne.
ACI-CL-31	Gourlot J.P., Giner M., Brunissen C., Francalanci P., Lassus S., Nieweadowski J.C., Vialle M. 2003. Limits of measuring short fiber content by high volume instrument. In : Swanepoel A. (ed.). Proceedings of the world cotton research conferences - 3. Cotton production for the new millennium. Rustenburg : ARC-IIC, p. 1536-1537. World Cotton Research Conference. 3, 2003-03-09/2003-03-13, Cape Town, Afrique du Sud.
ACI-CL-32	Gourlot J.P., Frydrych R., Renner M., Giner M., Guérinot S., Nieweadowski J.C., Brunissen C., Vialle M., Francalanci P., Lassus S. 2003. Mantis, HVI and spinning : some preliminary results [Abstract]. In : Proceedings of the Beltwide cotton conferences : 2002-2003 full papers, cotton pest loss database. Memphis : NCCA, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Beltwide Cotton Conferences, 2003-01-06/2003-01-10, Nashville, Etats-Unis.
ACI-CL-33	Gourlot J.P., Renner M., Gawrysiak G., Lassus S., Nieweadowski J.C. 2003. Confirmation of length effect on HVI cotton fiber strength measurement : [Abstract]. In : Proceedings of the Beltwide cotton conferences : 2002-2003 full papers, cotton pest loss database. Memphis : NCCA, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Beltwide Cotton Conferences, 2003-01-06/2003-01-10, Nashville, Etats-Unis.
ACI-CL-34	Gawrysiak G., Bachelier B., Gourlot J.P., Duplan S., Orssaud V. 2002. Effect of different cotton sample preparation methods on the measurement of fiber characteristics by two generations of HVI [Abstract]. In : Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences : 2002 - Full papers. Cotton pest loss database. Memphis : NCCA. Beltwide Cotton Conferences, 2002-01-08/2002-01-12, Atlanta, Etats-Unis.
ACI-CL-35	Gourlot J.P., Lassus S., Gawrysiak G., Vialle M., Francalanci P., Brunissen C. 2002. Are fiber strength measurements affected by cotton fiber length distribution? [Abstract]. In : Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences : 2002 - Full papers. Cotton pest loss database. Memphis : NCCA. Beltwide Cotton Conferences, 2002-01-08/2002-01-12, Atlanta, Etats-Unis.

Code UHA	Référence ACI-CL
ACI-CL-36	Krifa M., Frydrych R., Gozé E., Gourlot J.P., Massat J. 2002. Feasibility of producing reference cottons to calibrate stickiness measuring instruments [Abstract]. In : Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences : 2002 - Full papers. Cotton pest loss database. Memphis : NCCA. Beltwide Cotton Conferences, 2002-01-08/2002-01-12, Atlanta, Etats-Unis.
ACI-CL-37	Gawrysiak G., Gourlot J.P., Bachelier B., Duplan S., Orssaud V. 2001. Comparison of results produced by two generations of HVI. In : 01/2001. vol.2 / National Cotton Council of America; The Cotton Foundation. Proceedings of the Beltwide cotton conference, United States, 10-12. Memphis : NCC, p. 1251-1255. Beltwide Cotton Conferences, 2001-01-09/2001-01-13, Anaheim, Etats-Unis.
ACI-CL-38	Krifa M., Bachelier B., Frydrych R., Gourlot J.P., Giner M. 2001. Relationship between seed coat fragment content and yarn strength depending on the range of fiber quality. In : 01/2001. vol.2 / National Cotton Council of America; The Cotton Foundation. Proceedings of the Beltwide cotton conference, United States, 10-12. Memphis : NCC, p. 1279-1281. Beltwide Cotton Conferences, 2001-01-09/2001-01-13, Anaheim, Etats-Unis.
ACI-CL-39	Deguine J.P., Fok M., Vaissayre M., Crétenet M., Rollin D., Marnotte P., Gourlot J.P., Lacape M., Chair H., Lançon J. 2000. The evolution of research and development work performed by Cirad in partnership with small cotton growers in French-speaking West Africa. In : 59 th Plenary meeting of the International cotton advisory committee, Cairns, Australie, novembre 2000. s.l. : s.n., 20-[9] p. Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee. 59, 2000-11, Cairns, Australie.
ACI-CL-40	Bragg C.K., Gourlot J.P., Wessinger J.D. 2000. A reference test for HVI strength measurements : part 1, description of instrument and hardware requirements. In : Gillham Fred M. (ed.). New frontiers in cotton research : Proceedings of the world cotton research conference - 2, Athens, Greece, September 6-12, 1998. Washington : ICAC, p.1006-1008. World Cotton Research Conference. 2, 1998-09-06/1998-09-12, Athènes, Grèce.
ACI-CL-41	Gourlot J.P. 2000. High speed stickiness detector (H2SD). In : Proceedings - International committee on cotton testing methods : proceedings 2002, proceedings 2000, proceedings 1998. Zurich : ITMF, 1 disque optique numérique (CD-ROM). International Committee on Cotton Testing Methods, 2000-02-29/2000-03-01, Brême, Allemagne.
ACI-CL-42	Frydrych R., Tamime O., Gourlot J.P., Gozé E. 2000. Sticky cotton effects on the carded spinning process. In : Beltwide Cotton Conferences, San-Antonio (Etats-Unis), 3-10 January 2000. s.l. : s.n., 1 p. Beltwide Cotton Conferences, 2000-01-03/2000-01-10, San-Antonio, Etats-Unis.
ACI-CL-43	Gourlot J.P., Krifa M., Frydrych R., Chanselme J.L. 2000. Honeydew and seed coat fragments : identifying and counting two major cotton fiber contaminants. In : Gillham Fred M. (ed.). New frontiers in cotton research : Proceedings of the world cotton research conference - 2, Athens, Greece, September 6-12, 1998. Washington : ICAC, p. 985-988. World Cotton Research Conference. 2, 1998-09-06/1998-09-12, Athènes, Grèce.
ACI-CL-44	Gourlot J.P., Bragg C.K., Wessinger J.D. 2000. A reference test for HVI strength measurements. Part 2: Experience with international cottons. In : Gillham Fred M. (ed.). New frontiers in cotton research : Proceedings of the world cotton research conference - 2, Athens, Greece, September 6-12, 1998. Washington : ICAC, p. 1009-1012. World Cotton Research Conference. 2, 1998-09-06/1998-09-12, Athènes, Grèce.
ACI-CL-45	Kaewprasit C., Héquet E., Gourlot J.P., Abidi N. 2000. Specific surface area of cotton measured by methylene blue absorption and relation to its fineness. In : Gillham Fred M. (ed.). New frontiers in cotton research : Proceedings of the world cotton research conference - 2, Athens, Greece, September 6-12, 1998. Washington : ICAC, p. 1029-1032. World Cotton Research Conference. 2, 1998-09-06/1998-09-12, Athènes, Grèce.

Code UHA	Référence ACI-CL
ACI-CL-46	Frydrych R., Krifa M., Tamime O., Giner M., Gurlot J.P. 1999. Detection and counting of two cotton contaminants : seed coat fragments and honeydew deposits. In : Beltwide Cotton Conference, Orlando (Florida), January 3-7 1999. s.l. : s.n., p. 695-698. Beltwide Cotton Conferences, 1999-01-03/1999-01-07, Orlando, Etats-Unis.
ACI-CL-47	Gurlot J.P., Drieling A., Bragg C.K. 1998. The effect of fiber irregularities on the optical mass of cotton beards. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.). 1998 proceedings beltwide cotton conferences. Memphis : NCCA, p.1598. Beltwide Cotton Conferences, 1998-01-05/1998-01-09, San Diego, Etats-Unis.
ACI-CL-48	Bragg C.K., Wessinger J.D., Godbey L.C., Gurlot J.P., Drieling A. 1998. A reference test for HVI strength measurements. Implications for HVI testing. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.). 1998 proceedings beltwide cotton conferences. Memphis : NCCA, p.1599-1608. Beltwide Cotton Conferences, 1998-01-05/1998-01-09, San Diego, Etats-Unis.
ACI-CL-49	Kaewprasit C., Héquet E., Gurlot J.P., Abidi N. 2000. Specific surface area of cotton measured by methylene blue absorption and relation to its fineness. In : Gillham Fred M. (ed.). New frontiers in cotton research : Proceedings of the world cotton research conference - 2, Athens, Greece, September 6-12, 1998. Washington : ICAC, p. 1029-1032. World Cotton Research Conference. 2, 1998-09-06/1998-09-12, Athènes, Grèce.
ACI-CL-50	Bragg C.K., Wessinger J.D., Gurlot J.P. 1998. The effect of moisture content on the optical mass of cotton beards. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.). 1998 proceedings beltwide cotton conferences. Memphis : NCCA, p.1599. Beltwide Cotton Conferences, 1998-01-05/1998-01-09, San Diego, Etats-Unis.
ACI-CL-51	Drieling A., Bragg C.K., Gurlot J.P. 1998. The effect of color on the optical mass of cotton beards. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.). 1998 proceedings beltwide cotton conferences. Memphis : NCCA, p.1609. Beltwide Cotton Conferences, 1998-01-05/1998-01-09, San Diego, Etats-Unis.
ACI-CL-52	Gurlot J.P., Héquet E., Giner M., Ahronowitz E., Hugon M., Damiand G. 1998. Latest developments and results in automatic SCF counting. Part 2. Improved image acquisition and results obtained. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.). 1998 proceedings beltwide cotton conferences. Memphis : NCCA, p.1522-1524. Beltwide Cotton Conferences, 1998-01-05/1998-01-09, San Diego, Etats-Unis.
ACI-CL-53	Kaewprasit C., Douillard J.M., Héquet E., Gurlot J.P., Marquié C., Lindheimer M. 1997. Estimation of cotton fiber specific surface area by adsorption of methylene blue. In : Advances in Fiber and Textile Science and Technology, International Conference of the Fiber Society. Montpellier : CIRAD-CA, 1 p. Advances in fiber and textile science and technology, international conference of the fiber Society, 1997-04-21/1997-04-24, (Mulhouse, France).
ACI-CL-54	Bragg C.K., Gurlot J.P. 1997. Feasibility studies for an international agreement about cotton fiber strength measurement : universal strength tester. In : Université de Mulhouse. Spring 1997 joint conference = [Conférence commune, printemps 1997]. Mulhouse : ENSITM, p.85-88. ENSITM spring 1997 joint conference, 1997-04-21/1997-04-24, (Mulhouse, France).
ACI-CL-55	Giner M., Gurlot J.P., Bachelier B., Ahronowitz E., Hugon M., Damiand G. 1997. Latest developments and results in automatic SCF counting. Part 1 : development of algorithms and preliminary results. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.). 1997 Proceedings. Beltwide cotton conferences. Memphis : National Cotton Council of America, p.1633-1637. Beltwide Cotton Conferences, 1997-01-06/1997-01-10, New Orleans, Etats-Unis.
ACI-CL-56	Gurlot J.P., Vialle M., Lassus S., Duplan S., Brunissen C., Fallet V. 1996. Improvement

Code UHA	Référence ACI-CL
	of HVI measurement precision. Part 1 : use of HVI for breeding programs : MCI sampling device effect. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.); National Cotton Council. 1996 Proceedings. Beltwide Cotton Conferences = [Comptes-rendus des Beltwide Cotton Conférences 1996]. Memphis : NCCA, p.1317-1322. Beltwide Cotton Conferences, 1996-01-09/1996-01-12, Nashville, Etats-Unis.
ACI-CL-57	Chanselme J.L., Gourlot J.P., Héquet E., Tamime O. 1996. MCI sampling device modification and precision of the results. In : ITMF. HVI working group = [Groupe de travail HVI]. Montpellier : CIRAD-CA, 7 p. HVI Working Group Meeting, 1996-03-05/1996-03-06, Brême, Allemagne.
ACI-CL-58	Chanselme J.L., Gourlot J.P., Tamime O. 1996. Improvement of HVI measurement precision. Part 2 : use of HVI for breeding programs : MCI sampling device improvement. In : Dugger P. (ed.), Richter D. (ed.); National Cotton Council. 1996 Proceedings. Beltwide Cotton Conferences = [Comptes-rendus des Beltwide Cotton Conférences 1996]. Memphis : NCCA, p.1323-1329. Beltwide Cotton Conferences, 1996-01-09/1996-01-12, Nashville, Etats-Unis.
ACI-CL-59	Gourlot J-P. 2010, Introduction for the Stickiness Working Group, 30th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, International Textile Manufacturers Federation, Brême, mars 2010, 32 diapositives

9.6 - Articles dans des conférences nationales avec comité de lecture

RAS

9.7 - Conférences invitées dans des congrès nationaux ou internationaux (CI-CNI)

Code UHA	Référence CI-CNI
CI-CNI-1	Gourlot J.P. 2011. Evolution of products, industries and training facilities for the cotton industry' future. In : 70th Plenary meeting of International Forum for Cotton Promotion: session Educational Steps in Cotton Technology, Buenos Aires, Argentina, 4-10 September 2011. s.l. : s.n., 1 diaporama (31 vues). Plenary Meeting of International Forum for Cotton Promotion. 70, 2011-09-07, Buenos Aires, Argentine. [20111024]. http://www.icac.org/meetings/plenary/70_buenos_aires/documents/ifcp/ifcp_e_gourlot.pdf
CI-CNI-2	Gourlot J.P., Crétenet M., Bachelier B., Vaissayre M. 2007. Quelques données et statistiques cotonnières. In : <i>Table Ronde Equi'sol, 3 juillet 2007, Chambéry, France</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (38 vues). Table Ronde Equi'sol, 2007-07-03, Chambéry, France.
CI-CNI-3	Krifa M., Gourlot J.P., Dréan J.Y. 1998. <i>Seed-coat fragments</i> , a major source of cotton yarn imperfections. In : <i>Anniversaire du Kurdi-Kasetsart University</i> . 20. Montpellier : CIRAD-CA, 5 p. Anniversaire du Kurdi-Kasetsart University. 20, 1998-09-28/1998-10-04, (Bangkok, Thaïlande).
CI-CNI-4	Gourlot J-P., Frydrych R., Bachelier B. 2003. Stickiness, Seed-coat Fragments: measurements and consequences, 62° conference du Comité Consultatif International pour le Coton à Gdansk, 8-12 septembre 2003.
CI-CNI-5	Gourlot J-P. 2003. Limits of accuracy and improvements on the HVI cotton fiber test; cotton, from the plant to the final product, dans mon rapport de mission en Suisse du 15 au 16 janvier 2003, participation à une conférence organisée par l'ETH (école polytechnique suisse) à Aathal.

9.8 - Communications orales dans des conférences internationales et nationales (COM)

Code UHA	Référence COM
COM-1	Gourlot J.P. 2012. Le lien pré-post récolte : une notion dynamique dans l'élaboration de la qualité. Adéquation de la qualité de la production cotonnière à sa transformation : un processus d'interaction entre acteurs. In : <i>Réunion plénière Persyst, Montpellier France, 5 juillet 2012</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (28 vues). Réunion plénière Persyst, 2012-07-05, Montpellier, France.
COM-2	Aboe M., Gourlot J.P., Lukonge L., Sinoimeri A., Gozé E. 2011. Les premiers résultats de l'étude de variabilité intra-balle des cotons produits en Afrique = First results from the within-bale variability study on cotton produced in Africa. In : ACA. <i>Journées annuelles de l'Association cotonnière africaine, Khartoum, Soudan, mars 2011</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (24 41 vues). Journées annuelles de l'Association cotonnière africaine, 2011-03, Khartoum, Soudan.
COM-3	Gourlot J.P. 2011. First comparisons of SITC results distributions = Les premières comparaisons de distributions de résultats CMI. In : ACA. <i>ACA Meeting, Khartoum, Sudan, March 2011</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (16 vues). Journées annuelles de l'Association cotonnière africaine, 2011-03, Khartoum, Soudan.
COM-4	Gourlot J.P. 2007. Présentation des activités du groupe ICAC - CSITC grâce à une communication de Andrew Macdonald. In : <i>Journées d'animation scientifique des UPRs coton : Montpellier, 10-12 juillet 2007</i> . Montpellier : CIRAD, 1 diaporama (70 vues). Journées d'Animation Scientifique des UPRs Coton, 2007-07-10/2007-07-12, Montpellier, France.
COM-5	Gawrysiak G., Lassus S., Gozé E., Gourlot J.P. 2007. Calibration, stabilité des mesures et remplacement des standards de référence pour le FMT3. In : <i>Journées d'animation scientifique des UPRs coton : Montpellier, 10-12 juillet 2007</i> . Montpellier : CIRAD, 1 diaporama (40 vues). Journées d'Animation Scientifique des UPRs Coton, 2007-07-10/2007-07-12, Montpellier, France.
COM-6	Gourlot J.P., Moreno J.M., Guibal S. 2007. La démarche qualité pour le laboratoire de technologie cotonnière. In : <i>Journées d'animation scientifique des UPRs coton : Montpellier, 10-12 juillet 2007</i> . Montpellier : CIRAD, 1 diaporama (59 vues). Journées d'Animation Scientifique des UPRs Coton, 2007-07-10/2007-07-12, Montpellier, France.
COM-7	Bachelier B., Gourlot J.P. 2007. Présentation du manuel qualité pour les filières cotonnières UEMOA. In : <i>5èmes Journées de l'ACA, 22-23 mars 2007, Accra, Ghana</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (32 vues). Journées de l'ACA. 5, 2007-03-22/2007-03-23, Accra, Ghana.
COM-8	Guelfucci F., Gourlot J.P., Frydrych R. 2004. Filature du coton et caractéristiques du fil. In : <i>Recherche pour une production cotonnière durable et compétitive : session de formation du 22 au 26 novembre 2004, Montpellier</i> . Montpellier : CIRAD, 1 diaporama. Session de formation sur la recherche pour une production cotonnière durable et compétitive, 2004-11-22/2004-11-26, Montpellier, France.
COM-9	Gourlot J.P. 2003. La thématique qualité du Programme Coton : 2ème partie. In : <i>Actes des journées coton du Cirad, Montpellier, du 27 au 29 août 2003</i> . Montpellier : CIRAD-CA, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Journées Coton du Cirad, 2003-08-27/2003-08-29, Montpellier, France.
COM-10	Marquié C., Bachelier B., Gawrysiak G., Gourlot J.P., Viot C. 2003. Porqué y como preservar la calidad de la fibra de algodón. In : Marquié Catherine (ed.), Viot Christopher (ed.). <i>Actas del 1er seminario sobre la preservacion de la calidad de la fibra de algodón durante el desmote industrial en Paraguay</i> . Ascuncion : Ediciones y Arte, p. 43-53. Seminario sobre la Preservacion de la Calida de la Fibra de Algodon durante el Desmote Industrial en Paraguay, 2002-02-25/2002-02-28, Caacupé y Coronel Oviedo, Paraguay.

Code UHA	Référence COM
COM-11	Gourlot J.P. 2001. Point sur la thèse : "Mesure de ténacité sur chaîne HVI". In : <i>Actes des journées coton du Cirad : Montpellier, 23 et 24 juillet 2001</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p. 31-36. Journées coton du CIRAD-CA, 2001-07-23/2001-07-24, Montpellier, France.
COM-12	Gourlot J.P. 2001. Synthèse de l'atelier de restitution du projet Soudan : Improvement of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness. In : <i>Actes des journées coton du Cirad : Montpellier, 23 et 24 juillet 2001</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p. 67-70. Journées coton du CIRAD-CA, 2001-07-23/2001-07-24, Montpellier, France.
COM-13	Gawrysiak G., Gourlot J.P., Orssaud V., Bachelier B., Duplan S. 2001. Comparaison de résultats produits par deux générations de HVI : ZUS 900B modèle B et HVI spectrum. In : <i>Actes des journées coton du Cirad : Montpellier, 23 et 24 juillet 2001</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p. 51-62. Journées coton du CIRAD-CA, 2001-07-23/2001-07-24, Montpellier, France.
COM-14	Krifa M., Bachelier B., Frydrych R., Gourlot J.P., Giner M. 2001. Relationship between seed coat fragment content and yarn strength depending on the range of fiber quality. In : <i>Actes des journées coton du Cirad : Montpellier, 23 et 24 juillet 2001</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p. 63-66. Journées coton du CIRAD-CA, 2001-07-23/2001-07-24, Montpellier, France.
COM-15	Gourlot J.P. 2000. Effet de la variabilité des critères de qualité des fibres de coton sur leur aptitude à la filature et la qualité des fils produits. In : <i>Actes des journées coton du Cirad, Montpellier, du 17 au 21 juillet 2000</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p. 305-319. Journées coton du CIRAD-CA, 2000-07-17/2000-07-21, Montpellier, France.
COM-16	Gourlot J.P., Bachelier B., Gawrysiak G. 2000. Etat d'avancement du montage du projet INCO : sujet, objectifs, partenaires ... sur la fibre. In : <i>Actes des journées coton du Cirad, Montpellier, du 17 au 21 juillet 2000</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p. 55. Journées coton du CIRAD-CA, 2000-07-17/2000-07-21, Montpellier, France.
COM-17	Orssaud V., Frydrych R., Brunissen C., Duplan S., Vialle M., Gawrysiak G., Gourlot J.P. 2000. Validation d'une méthode mécanique de mélange de fibres de coton par la mesure de la variabilité intra-échantillon des caractéristiques technologiques des fibres. In : <i>Actes des journées coton du Cirad, Montpellier, du 17 au 21 juillet 2000</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p. 57. Journées coton du CIRAD-CA, 2000-07-17/2000-07-21, Montpellier, France.
COM-18	Gourlot J.P. 2000. Les tendances dans la standardisation du coton sur le marché mondial. In : Deguine Jean-Philippe (ed.), Fok Michel (ed.), Gaborel Christian (ed.). <i>Rôle et place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique : actes du séminaire, 1er-2 septembre 1999, Montpelleir, France</i> . Montpellier : CIRAD, p. 113-116. Séminaire sur le Rôle et la place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique, 1999-09-01/1999-09-02, Montpellier, France.
COM-19	Gawrysiak G., Brunissen C., Duplan S., Vialle M., Gourlot J.P. 1999. Le check test des caractéristiques technologiques de la fibre de coton du Cirad-CA. In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA</i> . Montpellier : CIRAD-CA, [1] p. Journées Coton du CIRAD-CA, 1999-07-19/1999-07-23, Montpellier, France.
COM-20	Thorr F., Gourlot J.P. 1999. Mediterranean cotton network : About quality cotton fibre characterisation. In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA</i> . Montpellier : CIRAD-CA, [1] p. Journées Coton du CIRAD-CA, 1999-07-19/1999-07-23, Montpellier, France.
COM-21	Gourlot J.P., Krifa M., Frydrych R., Chanselme J.L. 1998. Honeydew and seed coat fragments : identifying and counting two major cotton fiber contaminants. In : 2ème Conférence mondiale de la recherche cotonnière. Montpellier : CIRAD-CA, 10 p. Conférence Mondiale de la Recherche Cotonnière. 2, 1998-09-06/1998-09-12, (Athènes, Grèce).

Code UHA	Référence COM
COM-22	Bragg C.K., Gurlot J.P., Wessinger J.D. 1998. A reference test for HVI strength measurements : part 1, description of instrument and hardware requirements. In : <i>2ème Conférence mondiale de la recherche cotonnière</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.1-10 (21 p.). Conférence Mondiale de la Recherche Cotonnière. 2, 1998-09-06/1998-09-12, (Athènes, Grèce).
COM-23	Gurlot J.P. 1998. Récente évolution de la normalisation internationale. In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA, Montpellier, du 20 au 24 juillet 1998</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.91-99. Journées Coton du CIRAD-CA, 1998-07-20/1998-07-24, Montpellier, France.
COM-24	Gurlot J.P., Gozé E., Vieilleden R., Tamime O. 1998. Bilan de l'enquête auprès des filateurs ITMF. In : CIRAD-CA. <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA, Montpellier, du 20 au 24 juillet 1998</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.36-44. Journées Coton du CIRAD-CA, 1998-07-20/1998-07-24, Montpellier, France.
COM-25	Krifa M., Gurlot J.P., Frydrych R. 1998. Identification et comptage des fragments de coque sur voile de cardé et sur fil par analyse d'image. Partie 1 : mise au point des modes opératoires. In : CIRAD-CA. <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA, Montpellier, du 20 au 24 juillet 1998</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.73-76. Journées Coton du CIRAD-CA, 1998-07-20/1998-07-24, Montpellier, France.
COM-26	Gurlot J.P., Bragg C.K., Wessinger J.D. 1998. A reference method for HVI strength measurement : part 2, experience with international cottons. In : <i>2ème Conférence mondiale de la recherche cotonnière</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.[8 p.]. Conférence Mondiale de la Recherche Cotonnière. 2, 1998-09-06/1998-09-12, (Athènes, Grèce).
COM-27	Gurlot J.P. 1998. Recent evolution of the international standardization. In : <i>Communications, réunion des groupes de travail. Réseau coton Méditerranéen - FAO</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.81-84. Réseau Coton Méditerranéen FAO, 1998-07-14/1998-07-19, (Bari, Italie).
COM-28	Krifa M., Gurlot J.P., Frydrych R. 1998. Identificateur et comptage de fragments de coque sur voile de cardé et sur fil par analyse d'image. Partie 2 : Résultats. In : CIRAD-CA. <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA, Montpellier, du 20 au 24 juillet 1998</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.77-81. Journées Coton du CIRAD-CA, 1998-07-20/1998-07-24, Montpellier, France.
COM-29	Kaewprasit C., Douillard J.M., Héquet E., Gurlot J.P., Marquié C., Lindheimer M. 1997. Estimation of cotton fiber specific surface area by adsorption of methylene blue. In : Kasetsart University; CIRAD-CA; Ministry of Foreign Affairs. <i>Abstracts. Regional conference and workshop on "cotton research and development in South-East Asia" and the third national cotton conference</i> . Chiang Rai : Kasetsart University, p.54 (1 p.). Cotton Research and Development in South-East Asia, 1997-10-27/1997-10-29, Chiang Mai, Thaïlande.
COM-30	Tamime O., Chanselme J.L., Gurlot J.P. 1997. Perception de la qualité du coton par les filateurs français. In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.50-55. Journées Coton du CIRAD-CA. 3, 1997-07-21/1997-07-25, Montpellier, France.
COM-31	Gurlot J.P. 1996. Restitution de l'atelier "Mise en place et développement des réseaux". In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.1-7. Journées coton du CIRAD-CA. 2, 1996-07-22/1996-07-25, (Montpellier, France).
COM-32	Gurlot J.P., Frydrych R., Héquet E., Thollard F., Constantin O., Bachelier B. 1996. Seed coat fragment counting and sizing in card web. In : <i>Proceedings, joint meeting of working groups "cotton breeding", "cotton variety trials" "cotton technology" and meeting of working group "cotton biotechnology"</i> . Thessaloniki : NAGREF, p.111-118. Joint Meeting of

Code UHA	Référence COM
	Working Groups "Cotton Breeding", "Cotton Variety Trials", "Cotton Technology", 1995-09-18/1995-09-24, Adana, Turquie.
COM-33	Gourlot J.P., Frydrych R., Héquet E., Thollard F., Constantin O., Bachelier B. 1995. Seed coat fragments counting and sizing in card web. In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.74-81. Journées coton du CIRAD-CA, 1995-07-24/1995-07-27, (Montpellier, France).
COM-34	Gourlot J.P., Giner M., Mahistre D. 1995. Derniers développements de la base de données de résultats d'analyses technologiques du laboratoire de technologie cotonnière. In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.68-73. Journées coton du CIRAD-CA, 1995-07-24/1995-07-27, (Montpellier, France).
COM-35	Gourlot J.P., Tamine O. 1995. La valorisation de la qualité sur les marchés internationaux des produits agricoles tropicaux à usage industriel : cacao, caoutchouc, coton. Présentation d'une action thématique programmée. In : <i>Actes des journées coton du CIRAD-CA</i> . Montpellier : CIRAD-CA, p.90-92. Journées coton du CIRAD-CA, 1995-07-24/1995-07-27, (Montpellier, France).
COM-36	Gourlot J-P., Frydrych R., Bachelier B. 2008. International Textile Manufacturers Federation (ITMF), International Cotton Committee on Testing Methods (ICCTM) Stickiness WG, Introduction, Bremen 2008, 30 diapositives
COM-37	Drieling A., Gourlot J-P., Togola M., Ky J. R. 2008. Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton. Le Projet, Séminaire inaugural du projet CFC/ICAC/33, 8 Mai 2008, Bamako, Mali. 1 diaporama (36 diapositives)
COM-38	Drieling A., Gourlot J-P. 2008. Le test-inter-laboratoires CSITC, Objectifs, modalités et résultats pour les laboratoires, Séminaire inaugural du projet CFC/ICAC/33, 8 Mai 2008, Bamako, Mali. 1 diaporama (34 diapositives).
COM-39	Nowrouzieh S., Sinoimeri A., Drean J.-Y., Frydrych R. and Gourlot J-P. 2007. INTER Fiber Frictional Model in The Cotton Sliver, conférence Eurosis- ISC, Delft, Pays-Bas, 11-13 juin 2007. .
COM-40	Gourlot J-P. and Drieling A. 2007. Activities of the CFC / ICAC / 33 Project for Assuring the Reliability of Cotton Instrument Testing in Africa, Réunion plénière de l'Association Cotonnière Africaine, Accra, Ghana du 20 au 24/03/2007.
COM-41	Gourlot J-P. and Drieling A. 2007. CSITC Activities for Assuring the Reliability of Cotton Instrument Testing in Africa, Beltwide Cotton Conferences, New Orleans (LA), 9-15 janvier 2007.
COM-42	Gourlot J-P., Gerardeaux, E., Frydrych R., Gawrysiak G., Francalanci P., Goze E., Drean J.-Y. and Liu Rui. 2005. Sampling Issues For Cotton Fibre Quality Measurements Part 2 : Impact on Cotton Testing Instrument Results, Beltwide Cotton Conferences, New Orleans (LA), 4-10 janvier 2005, pp. 2328-2341.
COM-43	Gourlot J-P., 2001. Opening session, séminaire de fin du projet ICAC/CFC 11 intitulé <i>Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness</i> , 4-7 juillet 2001, Lille, France
COM-44	Gourlot J-P., 2001. Extend and variability of stickiness within Sudan, 1998 crop, using SCT and H2SD devices, séminaire de fin du projet ICAC/CFC 11 intitulé <i>Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness</i> , 4-7 juillet 2001, Lille, France.
COM-45	Gourlot J-P., 2001. What is the best indicator of stickiness ?, séminaire de fin du projet ICAC/CFC 11 intitulé <i>Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness</i> , 4-7 juillet 2001, Lille, France.
COM-46	Gourlot J-P., 2001. Economic viability of qualitatively grading cotton bales for stickiness measured by H2SD, séminaire de fin du projet ICAC/CFC 11 intitulé <i>Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness</i> , 4-7 juillet 2001, Lille, France.
COM-47	Gourlot J-P., 2001. Dissemination of the findings, séminaire de fin du projet ICAC/CFC 11 intitulé <i>Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness</i> , 4-7 juillet 2001, Lille, France.
COM-48	Gourlot J-P., 2001, Synthèse de l'atelier de restitution du projet Soudan : 'Improvement of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness', Actes des Journées Coton du Cirad, Montpellier, du 23 au 24 juillet 2001, pp. 67-70.
COM-49	Gourlot J-P., 2000. Remerciements, lors de la Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 26 juin 2000, Montpellier, France.
COM-50	Krifa M., Vydelingum V., Gourlot J-P., Frydrych R. 2000. Seed-Coat Fragment effect on carded

Code UHA	Référence COM
COM-51	cotton yarn evenness, Beltwide Cotton Conferences, January 4-8, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp.1538-1541. Krifa M., Vydelingum V., Gourlot J-P., Frydrych R. 2000. Seed-Coat Fragment effect on carded cotton yarn evenness, Beltwide Cotton Conferences, January 4-8, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), 20 diapositives
COM-52	Kaewprasit C., Abidi N., Gourlot J-P., Douillard J.-M. 1999. Specific surface area of some standard cotton fiber and its relation to physical properties, Cotton Beltwide Conferences, Orlando (FL), USA du 3 au 10 janvier 1999, pp. 718-720.
COM-53	Kaewprasit C., Abidi N., Gourlot J-P. 1999, EFFECT OF ADSORBED WATER ON THE SPECIFIC SURFACE AREA OF SOME STANDARDS COTTON, beltwide 1999, pp .710-712.

Code UHA	Référence
	(Ces communications ont été faites dans des conférences internationales <u>de fin de Projets</u> , avec public ouvert, avec orateurs internationaux sélectionnés, avec comité de lecture dont les membres sont choisis parmi les partenaires des Projets, et avec actes.)
COM-1	Gourlot J.P., Aboe M., Lukonge L., Gozé E. 2012. Results of the variability studies in and between the cotton bales produced in Africa = Résultats des études de variabilité au sein et entre les balles de coton produites en Afrique. In : <i>Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (46 vues). Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, 2012-01-18/2012-01-19, Arusha, Tanzanie.
COM-2	Lukonge L., Aboe M., Gozé E., Gourlot J.P. 2012. Methods of within bale variability study for cotton produced in Africa = Développement d'une liste de pré-requis pour une bonne alimentation électrique des laboratoires. In : <i>Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (42 vues). Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, 2012-01-18/2012-01-19, Arusha, Tanzanie.
COM-3	Gourlot J.P. 2012. Development of a list of requirements for an integrated power supply system for laboratories = Développement d'une liste de pré-requis pour une bonne alimentation électrique des laboratoires. In : <i>Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (16 vues). Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, 2012-01-18/2012-01-19, Arusha, Tanzanie.
COM-4	Gourlot J.P. 2012. Some advises for insulating a new cotton testing laboratory = Quelques conseils techniques pour l'isolation d'un nouveau laboratoire d'analyse du coton. In : <i>Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (29 vues). Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, 2012-01-18/2012-01-19, Arusha, Tanzanie.
COM-5	Gourlot J.P. 2012. Activity D.1.3. Development of a list of requirements and basic principle drawings for a simple and efficient integrated climate control system = Développement d'une liste de pré-requis et de principes de base pour une centrale intégrée de traitement d'air simple et efficace. In : <i>Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (41 vues). Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, 2012-01-18/2012-01-19, Arusha, Tanzanie.
COM-6	Gourlot J.P. 2012. General maintenance guide for all equipment used in cotton testing laboratories = Guide de maintenance générale pour les équipements de laboratoires. In : <i>Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012</i> . s.l. : s.n., 1 diaporama (18 vues). Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, 2012-01-18/2012-01-19, Arusha, Tanzanie.
COM-7	Gourlot J.P. 2012. Variability results of homogenized cottons by a new laboratory cotton homogenizing machine = Résultats de variabilité de cotons homogénéisés par le nouveau ouvreur-mélangeur de fibres de coton. In : <i>Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha,</i>

Code UHA	Référence
	(Ces communications ont été faites dans des conférences internationales <u>de fin de Projets</u> , avec public ouvert, avec orateurs internationaux sélectionnés, avec comité de lecture dont les membres sont choisis parmi les partenaires des Projets, et avec actes.)
COM-8	<i>Tanzanie, 18-19 janvier 2012. s.l. : s.n., 1 diaporama (29 vues). Séminaire final du projet CFC/ICAC/33, 2012-01-18/2012-01-19, Arusha, Tanzanie.</i> Gourlot J.P. 2001. Conclusion générale du projet CFC / ICAC / 11. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : actes du séminaire</i> , Lille, France, 4-7 juillet 2001. Amsterdam : CFC, p. 189-191. Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France.
COM-9	Gourlot J.P. 2001. Conclusion générale du projet CFC / ICAC / 11. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : projet CFC/ICAC/11</i> . Amsterdam : CFC, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France.
COM-10	Gourlot J.P. 2001. General conclusion for the CFC / ICAC / 11 project. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : actes du séminaire</i> , Lille, France, 4-7 juillet 2001. Amsterdam : CFC, 1 disque optique numérique (CD-ROM). Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France.
COM-11	Gourlot J.P. 2001. Le collage de la plante au fil : les moyens de lutte : résumé et conclusions de cette journée. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire</i> , 26 juin 2000, Montpellier, France. Montpellier : CIRAD, p. 129-134. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.
COM-12	Gourlot J.P. 2001. Présentation du projet Soudan. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire</i> , 26 juin 2000, Montpellier, France. Montpellier : CIRAD, p. 55-57. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.
COM-13	Gourlot J.P., Gozé E., Frydrych R. 2001. Choix du type de classement et du matériel utilisé. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire</i> , 26 juin 2000, Montpellier, France. Montpellier : CIRAD, p. 91-93. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.
COM-14	Gozé E., Frydrych R., Gourlot J.P., Fonteneau Tamine O. 2001. Variabilité du collage et faisabilité d'une classification commerciale avec le H2SD. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire</i> , 26 juin 2000, Montpellier, France. Montpellier : CIRAD, p. 95-101. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.
COM-15	Gourlot J.P. 2001. Report on the activities of the cotton technology group (WG8). In : Gençer O. (ed.), Derici M.R. (ed.), Göktepe F. (ed.). <i>The inter - regional cooperative research network on cotton. Proceedings : A joint workshop and meeting of the all working groups, 20-24 September 2000, Adana, Turkey</i> . Adana : Cukurova university press, p. 203-205. Meeting of the Inter-Regional Cooperative Research Network on Cotton, 2000-09-20/2000-09-24, Adana, Turquie.

Code UHA	Référence
	(Ces communications ont été faites dans des conférences internationales <u>de fin de Projets</u> , avec public ouvert, avec orateurs internationaux sélectionnés, avec comité de lecture dont les membres sont choisis parmi les partenaires des Projets, et avec actes.)
COM-16	Gourlot J.P. 2001. General conclusion for the CFC / ICAC / 11 project. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : actes du séminaire, Lille, France, 4-7 juillet 2001. Amsterdam : CFC, p. 185-187. Séminaire sur l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage, 2001-07-04/2001-07-07, Lille, France.
COM-17	Fonteneau Tamine O., Frydrych R., Gourlot J.P., Dréan J.Y., Gozé E. 2001. Filature cardée des cotons collants. Effet du collage sur la productivité et la qualité des filés. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire, 26 juin 2000, Montpellier, France</i> . Montpellier : CIRAD, p. 58-75. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.
COM-18	Frydrych R., Gourlot J.P. 2001. Présentation du High Speed Stickiness Detector (H2SD) et des résultats obtenus. In : Gourlot Jean-Paul (ed.), Frydrych Richard (ed.). <i>Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire, 26 juin 2000, Montpellier, France</i> . Montpellier : CIRAD, p. 77-89. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, 2000-06-26, Montpellier, France.

9.9 - Posters (AF)

Code UHA	Référence AF
AF-1	Gourlot J.P., Frydrych R., Renner M. 2003. The effect of cotton fibre characteristics on the measurement of their resistance to rupture. Contribution to the study of the quality of measurements made using high volume instruments (HVI) [Poster]. In : 09/2003. 4e Congresso Brasileiro de Algodão, Goiânia, Brasil, 15-18. Montpellier : CIRAD, 1 p. Congresso Brasileiro de Algodão. 4, 2003-09-15/2003-09-18, Goiânia, Brésil.
AF-2	Aboe M., Gourlot J.-P., Gozé E., Sinoimeri A. 2012. Sampling variance within West African cotton bales, Beltwide Cotton Conferences, Orlando (FL), 2-6 janvier 2012, Poster.
AF-3	Aboe M ; and Gourlot J.-P. 2010. Poster « Etude de la variabilité intra-balle des caractéristiques technologiques des fibres de coton et analyse des causes », présenté au concours de Posters Coopération Scientifique Franco-Bénin, Cotonou, Mai 2010, Poster.
AF-4	Gourlot J.-P., Giner M., Forestier-Chiron N. et Poitel M. 2007. Laboratoire de Technologie Cotonnière, Gestion informatisée du Système Qualité, Poster présenté lors de la «Cinquième École Inter-Organismes "Qualité en Recherche et en Enseignement Supérieur" 12, 13 et 14 septembre 2007
AF-5	Krifa M., Gourlot J.-P., Drean J.-Y. 1999. Seed coat fragments, a major source of cotton yarn imperfections, poster, Cotton Beltwide Conferences, Orlando (FL), USA du 3 au 10 janvier 1999, pp. 722-723.
AF-6	Krifa M., Gourlot J.-P., Drean J.-Y. 1999. Seed coat fragments, a major source of cotton yarn imperfections, poster, 20° anniversaire du KURDI, Kasetsart University, Thaïlande, du 28 septembre au 4 octobre 1998.

9.10 - Rapports de recherche, papiers soumis etc. (RR-PS)

Code UHA	Référence RR-PS
----------	-----------------

Code UHA	Référence RR-PS
RR-PS-15	Soumis à TRJ : Lukonge E., Aboé M. Gozé E., Sinoiméri A. et Gourlot J.-P., Application of a published methodology for evaluation within bale repeatability of measurements obtained with standardized instruments for testing cotton (SITC): <i>Gossypium Hirsutum</i> in Eastern and Southern Africa, soumis 11/2012.
RR-PS-1	Gourlot J.P. 2010. Explication du test inter-laboratoires international du CSITC. Montpellier : CIRAD, 1 diaporama (38 vues).
RR-PS-2	Payet L., Gourlot J.P. 2010. Activity D. General maintenance guide for all equipment used in cotton testing laboratories. Project CFC/ICAC/33 . Montpellier : CIRAD, 14 p.
RR-PS-3	Chanselme J.L., Bachelier B., Ribas P., Gourlot J.P. 2006. Melhoria do beneficiamento de algodão no estado de Mato Grosso : projeto FACUAL 2005, relatório final. Montpellier : CIRAD, 114 p.
RR-PS-4	Gourlot J.P. 2005. Facual project - Improvement of cotton ginning in Mato Grosso : expertise of UNICOTTON cotton classing laboratory in Primavera do Leste (MT, Brazil), November 3-14, 2005 = Melhoria do descaroçamento do algodão no Mato Grosso. Montpellier : CIRAD, 24 p.
RR-PS-5	Gourlot J.P., Hunter L. 2004. Mesure instrumentale de fibres colorées dans la laine = Instrument analysis of the coloured fibres content of South African wool. Montpellier : CIRAD, 14 p.
RR-PS-6	Frydrych R., Gourlot J.P., Lassus S., Niewiadomski J.C., Francalanci P. 2000. Agreement n° 97 - 462. Renewal n° 2 : Final report. Montpellier : CIRAD-CA, 18 p.
RR-PS-7	Gourlot J.P., Frydrych R., Gawrysiak G. 1999. What is stickiness? : what are its consequences?. Montpellier : CIRAD-CA, [12] p. Presentation in Porto, CEN TC248.
RR-PS-8	Gourlot J.P., Frydrych R., Gawrysiak G. 1999. Standardization proposals : the dermodetector and its methodology. Montpellier : CIRAD-CA, [5] p. Presentation in Porto, CEN TC248.
RR-PS-9	Gourlot J.P., Giner M. 1999. CATI Counting Apparatus for Trash and Impurities version 5.0 : Manuel de l'utilisateur. Montpellier : CIRAD-CA, 11 p.
RR-PS-10	Gourlot J.P., Giner M. 1999. Manuel de l'utilisateur (Version 2.0) : S.I.S.T.E.R, Système d'Information pour le Stockage, le Traitement et l'Evaluation des Résultats. Montpellier : CIRAD-CA, 33 p.
RR-PS-11	Thorr F., Gourlot J.P. 1999. Report on the laboratories conditions and equipment of the WG8 mediterranean cotton network. Montpellier : CIRAD-CA, 11 p.
RR-PS-12	Gourlot J.P., Héquet E. 1993. Utilisation des chaînes de mesures HVI (High Volume Instrument) module ZUS 910B de Zellweger-Uster pour les programmes d'amélioration variétale. Montpellier : CIRAD-CA, 15 p.
RR-PS-13	Gourlot J.P. 1991. Caractérisation des fibres de coton. Montpellier : CIRAD-IRCT, 17 p.
RR-PS-14	Gourlot J.P. 1990. High volume instrument (HVI) : but, principes, fonctionnement. Montpellier : CIRAD-IRCT, 24 p.

Partie 2 : Parcours scientifique et résultats

« La théorie, c'est quand on sait tout et que rien ne fonctionne. La pratique, c'est quand tout fonctionne et que personne ne sait pourquoi. Ici, nous avons réuni théorie et pratique : Rien ne fonctionne... et personne ne sait pourquoi ! »

Albert Einstein

Chapitre A : Contexte général de réalisation des activités scientifiques

En analysant plusieurs documents soumis pour l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger les Recherches (HDR) à ma disposition, j'ai constaté qu'ils décrivaient les approches scientifiques dans le détail, souvent sur la base d'extraits d'articles publiés par ailleurs, mais qu'ils relataient moins le(s) contexte(s) dans lequel(s) ont été menées les recherches.

J'ai jugé utile d'intégrer dès le début le contexte complet de mes recherches avant de les décrire et d'en mieux expliquer les impacts tout en rappelant explicitement mon rôle dans ce cadre. Les trois sous-chapitres suivants vont décrire successivement et succinctement mon positionnement dans le CIRAD et l'explication de son organisation, la filière cotonnière et la filière textile, et une explication des outils de caractérisation qui ont pu me servir pendant mes recherches. Dans ce chapitre aux connaissances vulgarisées depuis longtemps, j'ai choisi de ne pas y intégrer de bibliographie.

A.1. Contexte

Après quelques années passées dans l'industrie textile, j'ai rejoint l'Institut de Recherche sur le Coton et les Textiles exotiques (IRCT), organisme français d'appui technique au développement des régions chaudes. L'objectif poursuivi était d'apporter un appui technique fondé sur des résultats de recherche expérimentale et de terrain aux pays des anciennes colonies françaises devenus pays indépendants (voir Tableau 1, pas de temps de 1 an, ce tableau sera détaillé plus loin).

Comme d'autres Instituts, l'IRCT a été intégré dans le Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) majoritairement basé à Montpellier pour ce qui concerne son implantation en métropole. Parmi toutes les fibres étudiées dans le passé (fibres jutières, fibres dures, coton), le CIRAD n'a finalement maintenu les recherches que sur le coton (hors cas particuliers), moteur de développement des pays les moins avancés.

Le CIRAD est maintenant organisé autour de trois départements scientifiques dont les activités peuvent être résumées comme suit :

- BIOS : Systèmes biologiques ; il mène des recherches dans le domaine du vivant, de sa caractérisation et de son exploitation : de la diversité, de la biologie et du fonctionnement des organismes aux relations qu'ils entretiennent entre eux et avec leur milieu.
- PERSYST : Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux ; il s'intéresse aux processus biologiques en interaction avec les conditions environnementales et les interventions techniques.
- ES : Environnement et Sociétés ; il centre ses recherches sur les relations entre agriculture, gestion des ressources naturelles et dynamiques sociales, en lien avec les politiques publiques.

Je suis actuellement rattaché au département PERSYST, Unité Propre de Recherche 102 'Systèmes de culture annuels', équipe 3 'Elaboration de la qualité'. Mes activités s'articulent dans les deux collectifs constitués dans cette équipe 3 : un collectif pluridisciplinaire de chercheurs et un collectif qui constitue le Laboratoire de Technologie et de Caractérisation des fibres naturelles (LTC).

Les recherches menées sur le cotonnier concernent plusieurs disciplines : génétique (création, amélioration et sélection variétale), agronomie (physiologie, agronomie pure, ...), protection de cultures (entomologie, malherbologie), économie sociale et financière, et technologie (récolte, égrenage, caractérisations, transformations). Alors que tous les personnels étaient regroupés au sein d'un seul groupe humain, l'IRCT, ces personnels ont été graduellement répartis dans les divers départements et dans diverses unités de recherche au sein du CIRAD à la suite de réorganisations.

De tous temps, les partenariats ont été tissés avec des universités, des centres de recherche nationaux, des agences de moyens, de organismes de développement, des sociétés industrielles nationales ou

privées, des coopératives, des associations, ou des individus. Il en découle que les activités réalisées par les personnels touchent à divers degrés la recherche scientifique, la recherche expérimentale, la recherche technique, l'encadrement scientifique, l'appui technique, l'expertise, la formation et l'enseignement sur tous les terrains possibles liés à nos partenariats. La répartition des activités des personnels du CIRAD a évolué au fil des mandats confiés au CIRAD dans le temps.

Ainsi, avant son orientation intitulée « la science au centre » en 2006, le CIRAD reprenait le mandat des instituts d'appui technique aux pays en voie de développement qui requérait l'obtention de résultats applicables plutôt que des publications scientifiques reconnues. Cependant, la demande a évolué successivement vers des communications dans des conférences internationales, puis vers les publications dans des journaux scientifiques de renommée de plus en plus importante, tout en maintenant une fonction forte d'appui au pays en voie de développement, particulièrement ceux des pays du Sud avec l'appui des pays plus développés.

Dans ce contexte, la coopération avec l'Université de Haute Alsace (ENSITM puis ENSISA, LPMT), débutée dans les années 1980, a permis de développer des recherches en sciences appliquées en codirigeant des travaux d'étudiants en master ou en doctorat sur des thématiques issues des problématiques des pays en voie de développement. En effet, l'UHA, au travers de ses départements et de ses laboratoires, effectue des recherches dans le domaine des fibres, naturelles en particulier, celui de la caractérisation, de l'aptitude à la transformation, et de la caractérisation des produits qui en sont issus à différentes échelles (fil, étoffe), et qui s'articulent directement avec les activités du CIRAD qui concernent le coton.

La conjonction des mandats du CIRAD et de l'UHA, et de mes activités en recherche me permet donc aujourd'hui de préparer ce dossier d'Habilitation à Diriger des Recherches sur la base de résultats souvent obtenus conjointement mais pas exclusivement.

Nous allons aborder rapidement la description de la culture cotonnière avant de passer à une rapide explicitation des méthodes de caractérisation des fibres de coton. Le chapitre suivant abordera ensuite les thématiques scientifiques que j'ai abordées.

A.2. De la graine au fil

A.2.1. Mode de production, description de la filière et de la transformation

Le cotonnier cultivé actuellement, dont sont tirées les fibres de coton, est une plante qui a été améliorée génétiquement au fil des recherches en génétique et des étapes de création, d'amélioration et de sélection variétale. D'abord plante à culture pluriannuelle, elle est maintenant généralement cultivée annuellement.

Le cotonnier est une plante cultivée dans les zones tropicales du globe où les conditions de température, d'ensoleillement et de pluviométrie le permettent. Par ailleurs, on comprend que les différentes zones dans lesquelles il est cultivé disposent de conditions variées, et que les variétés de cotonnier cultivées ont donc été sélectionnées pour être porteuses d'un potentiel de production dans ces lieux dans des conditions économiquement, socialement et techniquement acceptables.

De manière générale, les graines de cotonnier de variétés sélectionnées sont semées à des moments propices à leur développement. Les conditions de sol et atmosphériques, les pratiques de culture (dates de semis, luttas contre ravageurs et mauvaises herbes, apports de fertilisants, ...) vont conditionner la productivité de cette culture. En pratique, le cotonnier développe d'abord des branches végétatives qui permettent un bon établissement du cotonnier dans son environnement. Ensuite, les branches fructifères se mettent graduellement en place, donnant lieu à une fructification étagée à la fois sur les branches et dans la hauteur du plant selon son développement, en fonction des variétés sélectionnées et des conditions de culture. Il faut noter que la fructification du cotonnier peut être groupée ou au contraire répartie dans l'architecture du plant de coton selon le besoin et la robustesse que l'on veut donner à la culture, pour éviter des risques climatiques ou des attaques de ravageurs par exemple. Les fruits du cotonnier, les capsules, se mettent donc en place à différents moments de la croissance du cotonnier, et leur développement dépend donc en partie de leur contexte de croissance (Figure 2, Gourlot, Bachelier et al. 1999).

Quand les capsules, composées de différents éléments (bractées, graines + fibres = coton-graine) arrivent à maturité, elles s'ouvrent et leur teneur en eau diminue rapidement par dessiccation. Le coton-graine des capsules est alors récolté manuellement (en une ou plusieurs récoltes fractionnées) ou mécaniquement.

Selon le degré de mécanisation des fermes, le coton-graine est regroupé en plus ou moins grandes quantités – sacs de récolte en Afrique et modules dans les pays mécanisés – à la ferme, puis dans le marché villageois puis vers l'usine en Afrique, ou à l'usine d'égrenage dans les pays mécanisés. Des échantillons de coton-graine sont généralement prélevés pour estimer la 'qualité' et ainsi prévoir les étapes nécessaires à son égrenage (plus ou moins d'étapes de nettoyage). Notons que le coton-graine est cédé aux usines d'égrenage en Afrique alors qu'il reste la propriété des fermiers dans les pays à culture mécanisée qui sous-traitent l'égrenage à des prestataires de service. Il s'ensuit que les fibres, les graines et les déchets appartiennent aux égreneurs en Afrique et aux fermiers dans les pays mécanisés.

A l'entrée de l'usine d'égrenage, le coton-graine est ouvert de plus en plus finement afin d'en retirer le maximum de grosses impuretés ; cela peut requérir d'ajuster sa teneur en eau grâce à des tours de séchage/d'humidification car un coton-graine plus sec se nettoie mieux. Les graines sont ensuite séparées des fibres à une teneur en eau spécifique qui nécessite des dispositifs spécifiques à l'opération dite d'égrenage ; les graines sont ensilées (utilisation pour huiles, farines, tourteaux, ...) alors que les fibres sont ensuite nettoyées plus ou moins fortement pour limiter leur teneur en matières étrangères et en améliorer l'aspect visuel avant d'être emballées sous forme de balles de coton pesant environ 225 kilogrammes (Figure 1). Un ou deux échantillons est/sont généralement prélevé(s) par balle et testé(s) dans des laboratoires de classement pour en caractériser les fibres et pour établir la valeur marchande des balles qui seront ensuite regroupées par lots de 'qualité' homogène. Les balles

sont ensuite vendues sur le marché international, généralement avec le concours de transitaires internationaux car la transformation textile se fait rarement sur les lieux de production des fibres.



Figure 1 : Exemples de balles de coton.

Selon le produit attendu, le filateur va choisir de mettre en mélange telle ou telle origine (jusqu'à une quinzaine), ou telle ou telle qualité (informations en provenance du laboratoire de classement via le transitaire). Le mélange se fait en grosse préparation où les fibres sont ouvertes de plus en plus finement pour être nettoyées du maximum d'impuretés qui nuiraient à la qualité des filés. L'étape ultime de nettoyage des fibres est le cardage. A l'étirage, on peut choisir de mélanger les fibres de coton à d'autres fibres naturelles ou chimiques. Plusieurs étapes d'étirage favoriseront le 'dépliage' des fibres dans les rubans ainsi constitués pour transporter la matière fibreuse d'étape en étape avec une régularité massique améliorée. Ensuite, plusieurs techniques de filatures (classique, à bouts libérés, à jet d'air, cycle cardé ou peigné) sont envisageables conduisant à des caractéristiques de production et de qualité de produits spécifiques.

Ces filés peuvent être utilisés en tissage ou en tricotage pour construire les étoffes généralement utilisées dans le secteur de l'habillement et du linge de maison jusqu'à leur ennoblissement, leur confection et leur commercialisation. Cependant, il existe de multiples produits et modes de productions des produits textiles autres dont le processus n'est pas représenté en Figure 2.

Avec le CIRAD, mon domaine d'intérêt a été situé entre les étapes de récolte - dont les caractéristiques dépendent des techniques culturales et des conditions de culture - et de filature (plus spécifiquement la micro-filature dont est équipé le LTC).

A.2.2. Caractérisation des fibres et contaminants, interaction avec les modalités de culture

La caractérisation des fibres de coton a, avant toute autre utilisation, l'objectif de déterminer la 'qualité' des fibres et ainsi prévoir si elles sont adaptées ou non à la transformation en tel ou tel produit. La science est intervenue pour raisonner/rationaliser les caractérisations qui se faisaient en premier lieu par estimations visuelles et sensorielles, afin de finalement poser les principes d'appareillages divers ensuite améliorés grâce aux recherches et développements technologiques. Les appareillages actuels permettant la caractérisation intrinsèque des fibres de coton utilisent des principes posés dans les années 40-60 par Hertel et Lord principalement.

Il est rapidement apparu cependant que les mêmes appareillages devaient être utilisés par toutes les parties en présence dans la réalisation de contrats. En conséquence, il est également apparu un besoin de normalisation et d'harmonisation des pratiques d'analyses pour que les résultats convergent vers des valeurs reconnues pour des cotons connus.

Il est important de noter que le CIRAD s'est intéressé longtemps à l'amélioration variétale en émettant l'hypothèse que seuls les critères intrinsèques de la fibre étaient à améliorer, et qu'en conséquence ses laboratoires ont été équipés prioritairement des appareils qui permettaient ces mesures. Ainsi, les critères comme longueur de fibre, maturité, finesse, couleur (voir explications sur ces caractéristiques plus loin) étaient considérés comme des paramètres sur lesquels les variétés pouvaient être créées, améliorées et sélectionnées. En revanche, les contaminations issues de la récolte - comme les tiges, les feuilles, les bractées, etc. - n'ont pas été caractérisées sur les échantillons de fibres autrement qu'en estimant la masse relative de ces contaminations au moment de l'égrenage. Cela a conduit à poser l'hypothèse forte de la propreté des échantillons de fibres caractérisés pour ce qui concerne l'estimation de leur couleur ; en effet, on suppose des récoltes de coton-graine faites dans les meilleures conditions de propreté, et tout changement de couleur des fibres n'est supposé lié qu'à des facteurs variétaux ou agronomiques qui sont les seuls pour lesquels l'agronome ou le sélectionneur puissent effectuer une pression.

Par la suite, il est devenu indispensable de mieux caractériser les fibres de coton pour connaître le mode de leur production, les interactions existantes entre les divers facteurs influant sur la croissance du cotonnier, la structure interne des fibres, le lien avec la transformation en filés puis en étoffes, etc. Des outils spécifiques de caractérisation en recherche sont alors apparus ou ont été utilisés à des fins de compréhension des phénomènes à l'œuvre. Il s'agit là d'instruments de mesure très éloignés de ceux utilisés dans la commercialisation du coton, mais dont des déclinaisons 'industrielles' ont quelques fois été produites à des fins de caractérisation commerciale.

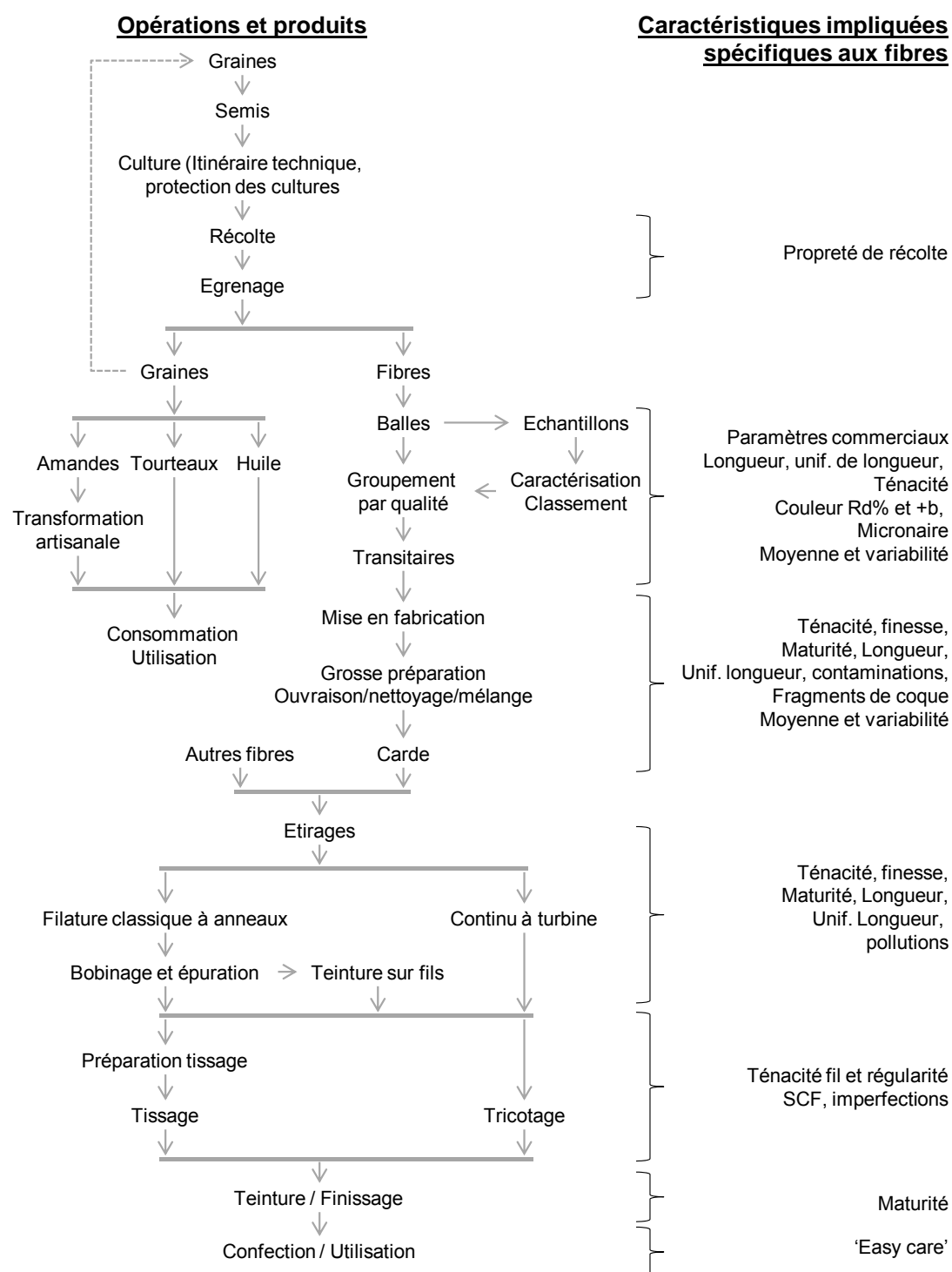
Dans les paragraphes suivants, après quelques éléments décrivant la morphologie des fibres de coton, les caractéristiques mesurées sur les fibres de coton et leur(s) méthode(s) de caractérisation les plus utilisées dans mes travaux sont décrites ci-après en commençant par les caractéristiques intrinsèques puis extrinsèques, et ce à partir de textes issus de documents plus anciens (thèse, publications, ouvrages). Nous verrons en même temps quels impacts ont les facteurs variétaux et de conduite de culture pour chacune d'entre elles. Enfin, la première étape de transformation du coton étant la filature, qui correspond à la dernière étape de transformation pour le LTC, une description succincte des principes utilisés et des caractérisations sur filés clôturera ce chapitre.

A.2.3. Notes sur la bibliographie de ce document

Comme ce travail résume plus d'une vingtaine d'années d'expérimentations, je me permets de n'appeler que les références bibliographiques génériques desquelles sont tirées toutes les informations de ce document :

Lord 1948; Lord 1961; Sasser 1981; E.Sasser and Smith 1984; Sasser and Smith 1984; Lord and Heap 1988; Sasser 1990; Lord 1992; Sasser and Moore 1992; Suh, Cui et al. 1994; ASTM 1996; Sasser and Watson 1998; Basra 1999; ICAC 2001; Frydrych 2002; American Society for Testing and Materials 2005; Townsend 2006; Estur 2008; UNCTAD 2008; ICAC 2010

En outre, s'il était utile de préciser davantage un sujet, certaines références bibliographiques additionnelles sont ajoutées dans les paragraphes de cet ouvrage. Enfin, j'ai seulement cité les références bibliographiques les plus importantes de ma production pour ne pas encombrer le texte d'une part, et ne pas faire double-emploi avec le contenu de la Partie 1 de cet ouvrage.



Gourlot J.P., Bachelier B., Braye D., Brunissen C., Duplan S., Favreau B., Francalanci P., Frydrych R., Gawrysiak G., Krifa M., Lassus S., Marquié C., Niewiadomski J.C., Tamime O., Vialle M., Viallettes V. 1999. Recherche et développement en technologie : mesurer et améliorer la qualité des produits du cotonnier, créer de nouveaux débouchés. *Agriculture et développement*(22) : 90-112.

Figure 2: Représentation de la filière cotonnière limitée au secteur textile prépondérant.

A.2.3.1. Morphologie et développement de la fibre de coton

Les caractéristiques mesurées par les différents appareils existants tentent de décrire les caractéristiques intrinsèques des fibres (Figure 3) qui évoluent lors de leur croissance dans la capsule jusqu'à son ouverture (Figure 4) pour composer une fibre constituée de multiples couches faites de dépôts de cellulose principalement (Figure 5).

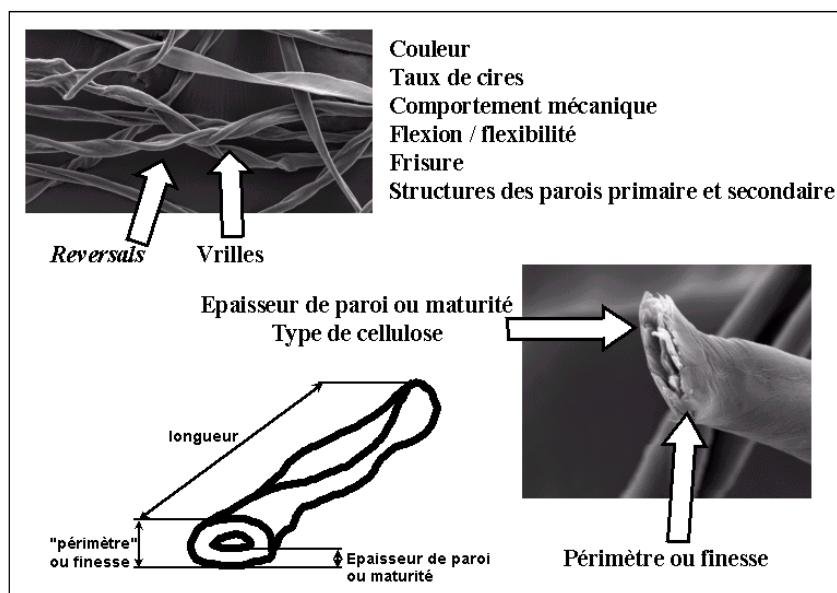


Figure 3 : Critères technologiques les plus importants pour les fibres de coton (Parry 1981).

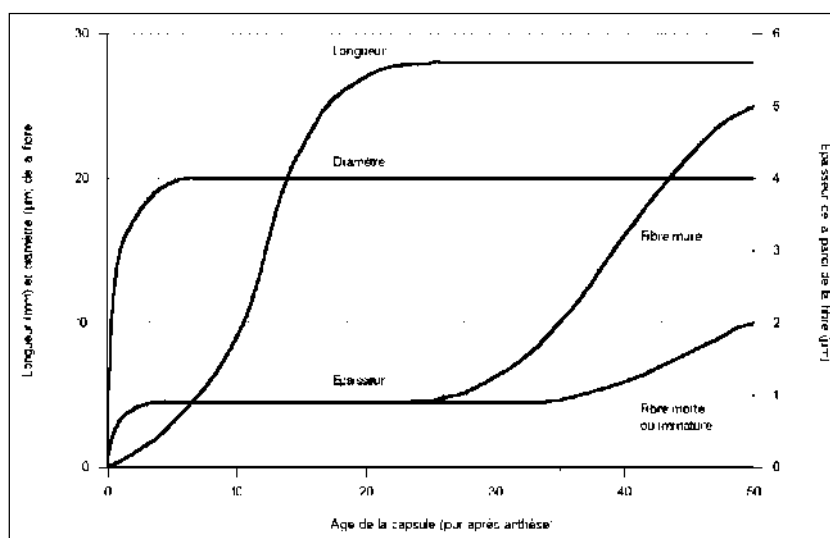


Figure 4 : Développement de la fibre de coton à partir de l'anthèse (Lord 1992).

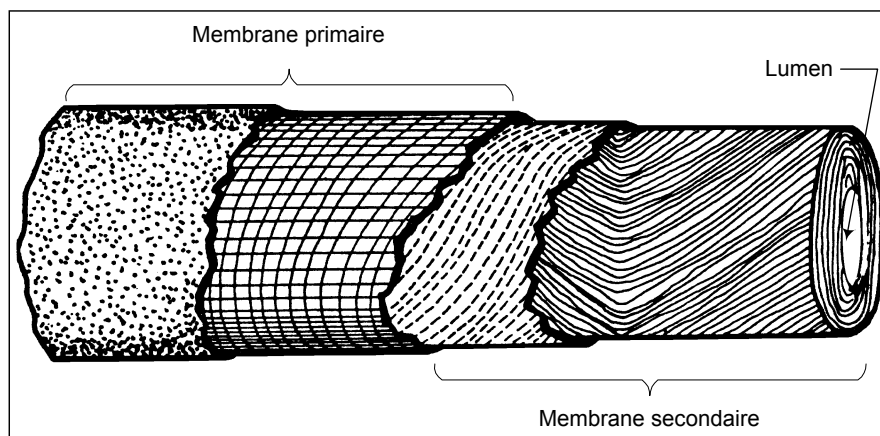


Figure 5 : Coupe longitudinale schématisée d'une fibre de coton (Lord 1992).

A.2.3.2. Mesure du complexe maturité-finesse et du micronaire

Note : Dans tout ce qui suit, seuls les modèles des appareillages utilisés seront généralement mentionnés sans citer de marque ou de constructeur, chacun pouvant retrouver sur internet des informations les concernant à partir des dénominations de modèles d'appareillages.

La Figure 3 rappelle que la fibre de coton est considérée comme un tube creux de 60 à 90 micromètres de périmètre, de paroi plus ou moins importante (2 à 5 micromètres), vrillé sur lui-même dans un sens puis dans l'autre à diverses fréquences. Idéalement, les mesures indépendantes des périmètres (ou les diamètres si on considère la fibre comme un cylindre) intérieurs et extérieurs de la fibre sont les caractéristiques nécessaires et suffisantes pour décrire la section de la fibre (en supposant ces grandeurs stables au long de la fibre). Pratiquement, on mesure la maturité MR ou PM% et la finesse H moyenne des fibres. La maturité est définie comme l'épaississement des parois de la fibre et est calculée par une fonction de l'aire de cellulose présente dans la section droite des fibres ; la finesse est définie comme étant la masse par unité de longueur des fibres exprimée en tex (masse en grammes de 1000 mètres de textile), caractéristique évidemment dépendante de la maturité.

Comme les méthodes directes de mesure de ces critères selon leurs définitions idéale (périmètres) et/ou pratique (maturité, finesse) sont très difficiles à mettre en œuvre, des méthodes indirectes ont été créées. Ainsi la mesure du micronaire, un complexe de la maturité et de la finesse, est apparue. La mesure du micronaire consiste à mesurer la porosité à l'air d'un échantillon de fibres d'une masse définie dans une chambre de mesure d'un volume donné. L'indice micronaire s'exprime sur une échelle allant de 2 à 7, est sans unité à la suite d'un effort de normalisation, et est utilisé pour la commercialisation des cotons.

Des appareillages particuliers comme le *Fineness Maturity Testers* (FMT¹⁸, de diverses générations), ont été créés sur le principe de la mesure de la porosité à l'air de tampons de fibres pour dissocier ces deux grandeurs. Ainsi les FMT mesurent des pertes de charge (PL et PH) occasionnées par le passage de deux flux d'air successifs (à différents débits) dans les tampons de fibres ayant subi deux niveaux de compression mécanique dans la chambre de mesure. Les informations relevées, PL et PH, ont été mises en relation avec des observations au microscope de fibres vues latéralement et en coupe en section droite (après gonflement à la soude dans une concentration particulière). Les informations déduites sont le micronaire, le *Maturity Ratio* (MR, sans unité), le pourcentage de fibres mûres (PM%), la finesse linéique (H en millitex), et la finesse standard (Hs en millitex, le rapport de H sur MR).

Sur la base de l'hypothèse que les fibres sont schématiquement des cylindres creux avant leur dessiccation, la courbe 'Diamètre' de la Figure 4 illustre la courbe de croissance de la finesse de la fibre à partir de la date de fécondation de la fleur jusqu'à ouverture de la capsule. Comme cette croissance ne se fait que dans les premiers jours de la croissance de la capsule, on considère que la finesse qui lui est liée est quasi-intégralement sous dépendance de caractères génétiques, et presque indépendante des conditions de culture. En revanche, la maturité est très dépendante des facteurs environnementaux ; en effet, les deux courbes 'Épaisseurs' liées à la maturité des fibres (Figure 4) n'évoluent que dans la deuxième partie du graphe d'une part, et sur une longue période d'interaction avec les conditions de culture d'autre part. La courbe du haut montre l'évolution de la maturité si les conditions de croissance sont bonnes, la courbe du bas quand les conditions de croissance ne sont pas bonnes et provoquant ainsi de faibles épaississements des parois de fibres.

Les pratiques de récolte et d'égrenage influent très peu sur les niveaux de finesse et de maturité. En revanche, la finesse joue un rôle dans le type de fil qui peut être produit à partir des fibres (fibres grossières utilisées pour faire des filés grossiers) et la maturité a une influence sur la prise de teinture et d'apprêts (plus les fibres sont mûres, meilleure sera la prise de teinture avec une quantité donnée de produit de teinture).

A.2.3.3. Mesure des longueurs caractéristiques

Un certain nombre de techniques ou méthodes ont été créées pour caractériser la longueur des fibres. La méthode de référence est une méthode où la longueur de chaque fibre est mesurée et permet la constitution d'un histogramme (Figure 6) duquel sont déduites la moyenne, le coefficient de variation, etc.

Pour d'autres méthodes, on aligne les fibres à origine commune grâce à l'utilisation de champs de peignes qui constituent les classes de longueur de fibres, et on quantifie les importances relatives de chaque classe de longueur par des comptages ou par des pesées. Un diagramme des fréquences cumulées (Figure 7, intégrale de l'histogramme des fréquences) est constitué duquel des méthodes de calcul variées permettent de déduire les informations importantes de ce diagramme. Ces méthodes n'ont presque plus cours.

Enfin, un échantillonnage randomisé peut être réalisé par un peigne dans un échantillonneur tel que le Fibrosampler (les fibres sont prélevées au hasard dans l'échantillon par un peigne et au hasard au sein de leur longueur propre au travers d'une plaque perforée) qui permet d'obtenir un spécimen en quelques secondes seulement (Hertel 1940; Hertel 1953; Hertel and Lawson 1964). L'évaluation du 'nombre' de fibres en tous points de ce peigne de fibre permet de tracer une courbe appelée 'fibrogramme' (Figure 8) à partir duquel sont extraits les paramètres de longueur utiles avec la méthode suivante qui est la seule valide commercialement de nos jours.

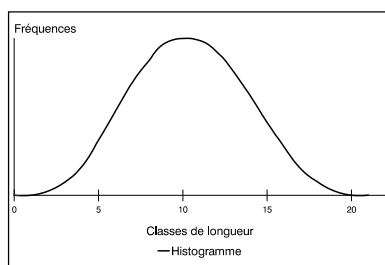


Figure 6 : Représentation de la distribution de la longueur des fibres sous la forme d'un histogramme.

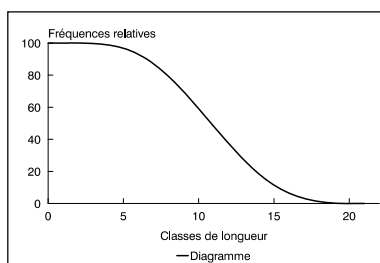


Figure 7 : Représentation de la distribution de la longueur des fibres sous la forme d'un diagramme.

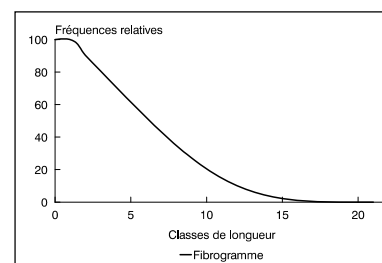


Figure 8 : Représentation de la distribution de la longueur des fibres sous la forme d'un fibrogramme normalisé.

Dans ce dernier mode d'échantillonnage, on suppose que chaque fibre individuelle prélevée dans l'échantillon est prélevée en un point choisi au hasard sur son axe longitudinal. Ainsi, après un brossage adéquat, une extrémité de la fibre dépasse à gauche par rapport au point de préhension, et l'autre extrémité à sa droite. Par convention, seul un côté du point de pincage est retenu pour analyse. Quand on suppose que les fibres sont rangées par longueur croissante pour un côté de l'analyse, on peut tracer une courbe passant par toutes les extrémités de fibres ; cette courbe est appelée le fibrogramme. En théorie, cette courbe suit une fonction d'auto-corrélation numérique qui est l'intégrale double de l'histogramme des fréquences ou l'intégrale simple du diagramme des fréquences pondérée par le ratio du nombre de fibres dans le faisceau sur leur longueur moyenne.

A partir de ce fibrogramme, la théorie des *Mean Lengths* permet de raccorder ces résultats à ceux des méthodes antérieures. Le système d'interprétation par les *Mean lengths* est graphiquement équivalent à un tracé de tangentes au fibrogramme à des points caractéristiques (Figure 9).

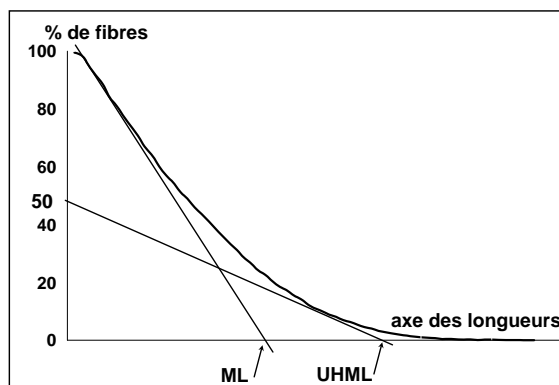


Figure 9 : Système d'interprétation du fibrogramme ; principe des Mean Lengths.

Pour simplifier la mise en évidence des critères retenus, deux tracés sont nécessaires :

- la *Mean Length* (ML^{19} , mm ou pouce) est égale à la longueur moyenne de toutes les fibres constituant le faisceau de fibres. Une tangente au fibrogramme tracée à partir du point 100 % de fibres indique la *Mean Length* sur l'axe des longueurs (Figure 9).
- La valeur *Upper Half Mean Length* ($UHML^{20}$, mm ou pouce) est la longueur moyenne des 50 % des fibres qui apparaissent les plus longues dans le faisceau. La tangente au fibrogramme tracée à partir du point 50 % de fibres indique la UHML sur l'axe des longueurs.
- Un ratio d'uniformité est déduit du système d'interprétation du fibrogramme : l'*Uniformity Index* (UI^{21} , %) est le rapport de la ML sur l'UHML multiplié par 100.

Selon la bibliographie, l'élongation cellulaire de la fibre sur la graine se fait dans les 20 premiers jours après la fécondation de la fleur du cotonnier pour cette capsule (Figure 4). Aussi, si les conditions de culture sont optimales, la longueur UHML des fibres dans la capsule arrivée à maturité sera probablement proche de l'optimal atteignable. En revanche, si les conditions ne sont pas optimales durant cette période de croissance la longueur des fibres sera moindre. On dit alors qu'il y a prévalence du facteur variétal sur le facteur environnemental et de culture.

Des traitements plus ou moins agressifs sont appliqués au coton-graine puis aux fibres au long des étapes de l'égrenage (nettoyage coton-graine, égrenage, nettoyage des fibres). En fonction de la maturité des fibres et de leurs conditions d'humidifications (l'interaction conduit à une ténacité apparente variable à confronter à des agressions mécaniques estimées fixes), les fibres seront plus ou moins abimées, et leur distribution de longueur de fibres en sera affectée. Dans ces conditions, tous les paramètres de longueur (UHML, ML, et UI) diminueront. Ce sera le cas à chaque fois que les fibres subiront une étape de transformation dans le secteur textile.

Avec l'information de longueur, il est possible de choisir le procédé de transformation le plus adapté, de régler les machines de filature, et de décider du type de produit en choisissant de retirer ou non les

fibres les plus courtes en fonction de l'information de la longueur commerciale des fibres (opération de peignage).

A.2.3.4. Mesures de ténacité avec les appareils sur faisceaux plats de fibres

Avant d'étudier les méthodes de mesure, voyons la définition de la ténacité, notion propre au domaine de la science des fibres et fondamentalement différente de la grandeur 'ténacité' utilisée en mécanique des matériaux.

La ténacité dans le domaine textile, exprimée en cN/tex ou g/tex, peut être reliée par le biais de la masse volumique à la notion de contrainte en traction généralement utilisée pour les matériaux. La contrainte correspond à la charge de rupture par unité de surface rompue (généralement exprimée en Pascal ou le cas échéant en daN/cm²). Comme il n'est pas possible de mesurer la surface rompue pour les textiles, on utilise la masse linéique (g/1000 m) qui en est une estimation correcte quand la masse volumique du matériau est supposée constante.

Sur tous les appareils de mesure de la ténacité, une quantité de fibres est sélectionnée et pesée avant de lui appliquer une contrainte de traction ; la force maximale de rupture est issue de la courbe force/allongement (Figure 10). La ténacité est calculée par le ratio de la force de rupture sur la masse rompue multiplié par un coefficient dépendant de l'appareil de mesure et de la largeur des pinces de traction utilisées. Le niveau de lecture dépend du référentiel choisi ; pour les appareils classiques, il s'agit du niveau ICCS (*International Calibration Cotton Standard*), alors qu'il s'agit du niveau U-HVICC²² (*Universal High Volume Calibration Cotton Standard*) pour les Chaînes de Mesure Intégrées (CMI, depuis 1993 au CIRAD après des études spécifiques).

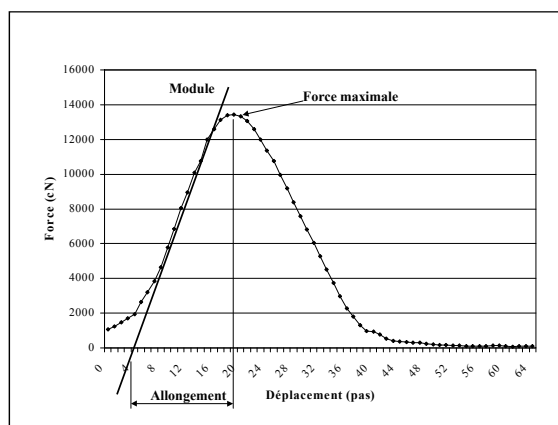


Figure 10 : Courbe corrigée de la force pour les déflexions des bras de levier en fonction du déplacement des pinces de traction CMI, et informations retenues.

On considère que la ténacité est fortement sous dépendance d'effets variétaux et environnementaux ; en effet, la force de rupture est dépendante de la manière dont les dépôts de cellulose se sont effectués dans les fibres lors de la maturation de la capsule ; les facteurs variétaux et environnementaux sont donc impliqués dans l'explication des variabilités des résultats de ténacité. Ensuite, la taille de la section droite rompue, estimée en prenant en compte la masse de fibres rompues, est directement dépendante de la maturité sous influence de facteurs environnementaux.

Comme indiqué précédemment, les opérations de nettoyage et d'égrenage sont des opérations agressives. Quand la teneur en eau des fibres est de l'ordre de 8.5 % (w/w), la résistance apparente des fibres est supérieure aux forces généralement appliquées pendant l'égrenage et les différentes étapes de nettoyage et les fibres ne se rompent pas.

Dans des conditions optimisées de filature (voir plus bas pour leurs descriptions), on estime que 85% à 95% des variations de ténacités / résistances mécaniques de fils sont prédites par des variations de la ténacité des fibres (Figure 18). Ce critère est donc de plus en plus demandé par les filateurs.

A.2.3.5. Mesures de la couleur et du taux de charge des fibres

Il existe plusieurs systèmes pour déterminer des couleurs. Celui qui est utilisé par les CMI est dérivé du système CIELAB utilisant les paramètres suivants :

- $Rd^{23\%}$: réflectance
- a : degré de couleur couvrant le vert (-a) et le rouge (+a)
- b : degré de couleur couvrant le bleu (- b) et le jaune (+ b).

De ce référentiel, ne sont retenus que deux paramètres, la réflectance Rd et le degré de jaune $+b^{24}$. L'échantillon est plaqué contre une vitre sous une pression standardisée. Il est soumis à un éclairage d'intensité connue fourni par deux lampes (à incandescence ou flash) disposées à 90° . La lumière réfléchiée par l'échantillon est analysée par deux photodiodes en comparaison à la lumière émise.

Simultanément à l'analyse de couleur, une caméra capture une image de l'échantillon. Cette image est traduite en niveaux de gris puis soumise à un seuillage binaire de manière à faire apparaître les impuretés telles que particules de feuilles, de branches, ... Le logiciel comptabilise ensuite le nombre de pixels de l'image qui ont un niveau de gris supérieur à un seuil prédéfini comme des impuretés 'trash'.

La bibliographie montre que la couleur est sous influences variétale et environnementale. Quant au taux de déchets et leurs tailles, ils sont très majoritairement liés aux pratiques agricoles, de récolte, de nettoyage et d'égrenage.

La mesure de couleur, initialement en lien avec les dégradations des capsules au champ, était estimée visuellement pour éviter des problèmes de maturité des fibres. Maintenant, il s'agit surtout d'organiser les étapes de blanchiment et de teinture en regroupant les productions par couleurs comparables afin d'optimiser l'utilisation des produits ajoutés.

A.2.3.6. Mesures sur une chaîne de mesure intégrée désignée sous le nom de CMI

Une Chaîne de Mesures Intégrées (CMI) est un appareil de mesure rapide en comparaison à tous les appareils de mesure créés jusqu'alors. Il a été conçu pour caractériser toutes les balles d'une production de coton avec un rythme comparable à celui de l'égrenage. Les différentes mesures des caractéristiques physiques de la fibre sont intégrées en un seul appareil. Aussi, certains concepts théoriques des mesures CMI et des instruments classiques sont identiques ou comparables. Les principaux changements, par rapport aux mesures "classiques", résident dans la méthode de choix de l'emplacement où s'applique la contrainte de traction, et dans l'interdépendance entre les différents modules de la machine pour évaluer le niveau de ténacité.

Les instruments de mesure intégrés dans une CMI permettent la détermination des caractéristiques suivantes :

- colorimétrie et taux de matières étrangères avec une estimation de leur taille ;
- indice Micronaire ;
- longueurs caractéristiques des fibres ;
- ténacité et allongement.

Après un conditionnement adéquat (à $21^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ et $65\% \text{ HR} \pm 4\%$ selon ISO 139), les échantillons sont prêts à être caractérisés. La masse minimale nécessaire pour une analyse complète est de l'ordre de 50 grammes. Comme la CMI est un appareil intégrant différents modules de mesure, les préparations spécifiques nécessaires sont détaillées pour chaque type de mesure.

- Pour la mesure de la colorimétrie et du taux de déchets, il n'est pas requis de préparation particulière avant de déposer l'échantillon sur la vitre d'analyse.
- Pour ce qui concerne la mesure du micronaire, un ou plusieurs spécimen(s) d'une dizaine de grammes (10 ± 0.5 grammes) est/sont prélevé(s) dans la masse de départ.
- Un échantillonneur automatique est ensuite utilisé pour prélever les fibres nécessaires à la mesure de longueur et de dynamométrie. Sur l'appareil utilisé pendant ma thèse, un peigne

prélève les fibres qui dépassent au travers d'une plaque perforée où est pressé manuellement l'échantillon de coton (*Fibrosampler*). Les fibres dans ce peigne sont ensuite peignées et brossées et constituent une frange en forme de pointe utilisée pour les déterminations de longueur et de ténacité.

Pour rester en lien avec seulement la mesure de la ténacité, nous devons décrire le dispositif de mesure des longueurs (sans décrire ni le colorimètre ni le module micronaire). Il est constitué d'un système d'éclairage (lumière rouge d'environ 660 nm de longueur d'onde fournie par une barrière de diodes électroluminescentes) qui illumine un capteur de mesure d'intensité lumineuse, et d'un système de maintien mobile du peigne porteur de la frange de fibres (Figure 11).

Lorsque les fibres sont introduites dans le capteur par déplacement en pas de longueur constante, elles obèrent une partie croissante de la lumière en fonction de leur nombre, leur taille et leur forme. En croisant les informations de distance et de quantité lumineuse atteignant le capteur optique, le tracé du fibrogramme est obtenu dont sont extraites les informations caractéristiques. Les mesures sont effectuées jusqu'à quelques millimètres du bord du peigne. Le sous-échantillon de fibres, pris dans le peigne, est serré dans des pinces de traction initialement écartées de 1/8^{ème} de pouce ou 3.175 mm (Figure 11).

La CMI est un appareil à augmentation de contrainte par déplacement à vitesse constante des pinces de traction (CRE). La distance entre pinces de traction est augmentée à une vitesse d'environ 13.3 cm/mn si l'on néglige les flexions dans les différents composants de la chaîne cinématique. A chaque incrément d'écartement de la pince arrière, la force est enregistrée grâce à une jauge de contrainte et la courbe de la force est tracée en fonction de l'écartement des pinces (Figure 11). Grâce à un système d'étalonnage et de compensation des flexions des bras de leviers, un nouveau tracé est calculé de manière à en isoler les informations les plus pertinentes.

La caractérisation d'un échantillon par une CMI pour toutes les caractéristiques mesurées doit se faire dans un ordre particulier. Les deux premières caractérisations, la colorimétrie couplée avec l'analyse du taux de déchets et le micronaire peuvent être interverties. En revanche, ces mesures doivent toujours précéder la mesure des longueurs et ensuite les mesures de dynamométrie car certaines informations servent à la réalisation des tests suivants. Ainsi, le micronaire sert à calculer la masse de fibres rompues par le test de dynamométrie. Les informations de distribution de longueur servent à choisir le nombre de fibres à rompre, à placer un nombre prédéterminé dans les pinces de traction du dynamomètre et participent au calcul de la ténacité.

Pour ce qui nous intéresse, dans le cadre de l'utilisation normale d'une CMI selon les recommandations internationales, les informations de longueurs qui sont reportées sont :

- la longueur moyenne ou *Mean Length* (ML) ;
- la longueur moyenne de la moitié supérieure ou *Upper Half Mean Length* (UHML) ;
- l'indice d'uniformité ou *Uniformity Index*, rapport de la ML sur l'UHML.
- Pour ce qui concerne le test de dynamométrie, la force maximale est recueillie à partir du diagramme force en fonction du déplacement des pinces de traction (Figure 10). Pour calculer la ténacité (*strength*, Équation 1), il faut diviser cette force par une masse linéique des fibres rompues estimée à partir du nombre de fibres (déduite du fibrogramme) et de leur micronaire cela a été imposé par l'USDA. Ce rapport est multiplié par un coefficient correctif permettant l'expression de la ténacité dans l'unité normalisée le cN / tex.

$$Strength = \frac{Force}{fonction\ de\ (IM,\ distribution\ des\ longueurs)} * constante$$

- Équation 1

- La valeur d'allongement est déduite du comptage du nombre de pas du moteur qui écarte les pinces de traction. La valeur reportée est une valeur relative à l'écartement initial des pinces de 3.175 mm (Équation 2) et est exprimée en pourcentage.

$$\text{Allongement } t \% = \frac{\text{écartement après rupture} - \text{écartement avant rupture}}{\text{écartement avant rupture}} * 100$$

- Équation 2

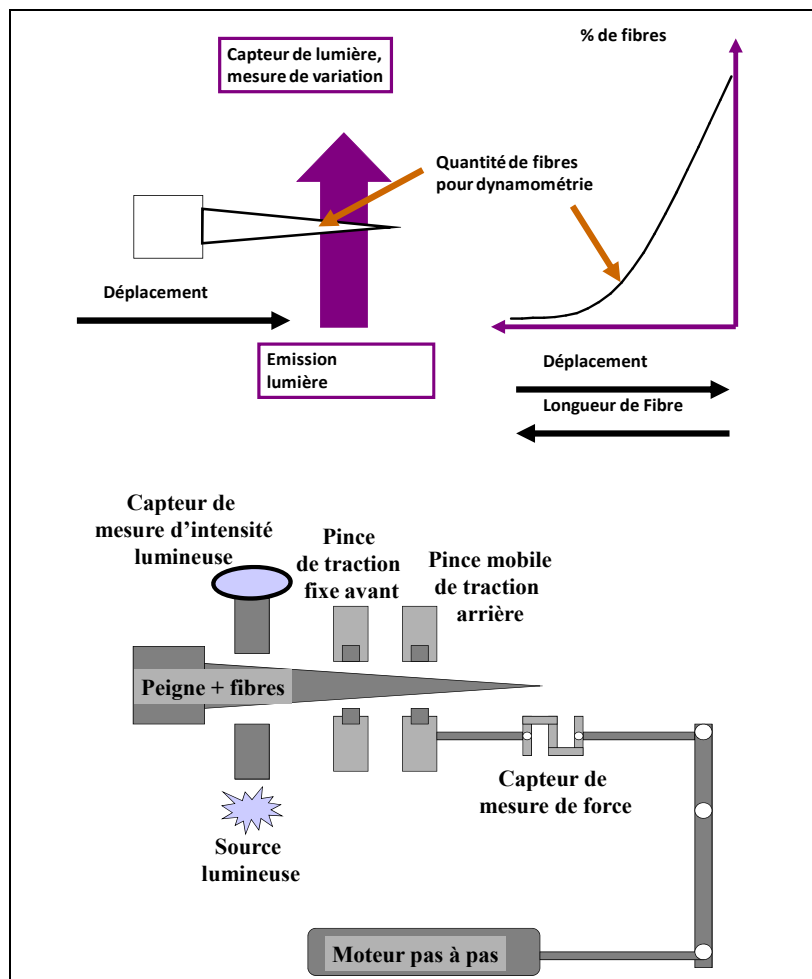


Figure 11 : Schéma du système optique d'une CMI pour la mesure de la distribution des longueurs de fibre et du système d'application de contrainte de traction de la CMI ; le peigne est en place avant le serrage des pinces de traction.

Graphiquement, les points d'intersection de la tangente à la courbe force/allongement avec l'axe des déplacements et la valeur correspondante à la force maximale sur l'axe des déplacements sont pris en compte pour calculer l'allongement relatif (Figure 10).

A.2.3.7. Mesure de la dynamométrie sur fibres individuelles par Mantis

Avant de décrire les simulations, le mode opératoire de Mantis est explicité à partir d'éléments tirés de ma thèse.

Le Mantis²⁵ est un appareil de mesure de dynamométrie capable de caractériser la dynamométrie de fibres individuelles. Originellement créé pour tester les fibres de carbone, cet outil est utilisable pour les fibres de toutes natures, en particulier pour le coton. L'écartement initial des pinces a été choisi pour correspondre aux tests des fibres de coton : 3.175 mm ou 1/8° de pouce.

Après un échantillonnage soigné dans les masses de fibres de départ préalablement conditionnées dans une atmosphère de laboratoire pendant au moins 24 heures, un échantillon d'environ 0.5 à 1 gramme de fibre est collecté. A partir de cet échantillon, quelques pincées de fibres sont prélevées, puis

parallélisées à la main selon la méthode du '*pulling*'. Ensuite, la pincée de fibres est disposée sur un peigne de Fibrographe (Figure 12 (a, b)), pour opérer un peignage avec un deuxième peigne (Figure 12 (c)). Puis, des pincées de fibres peignées sont transférées (Figure 12 (d)) et disposées sur un velours (Figure 12 (e)) grâce à une pince large de prélèvement. Cinq ou six de ces prélèvements sont suffisants pour y prélever suffisamment de fibres par jeu d'essai (Figure 12 (f)). La plaque de velours avec ses fibres est alors référencée et stockée pendant au moins une heure avant la phase de test dans une ambiance normalisée de laboratoire.

Des fibres individuelles sont ensuite prélevées une à une grâce à une pince fine et sont disposées dans le système d'application de contrainte du Mantis. Afin de placer les fibres en bonne position dans les pinces de traction, un système à dépression permet l'aspiration d'une extrémité de la fibre pendant que la pince opposée se ferme (Figure 13 (a, b)). Notons que tous les tests ont été réalisés avec un niveau d'aspiration constant. Ensuite la deuxième pince se ferme (Figure 13 (c)), les pinces se rapprochent légèrement, puis l'application de la contrainte de traction débute (Figure 13 (d)). A chaque incrément d'écartement de la pince de traction, une jauge de contrainte enregistre la force de réaction de la fibre, et on obtient ainsi un graphe contrainte en fonction d'un déplacement (Figure 14).

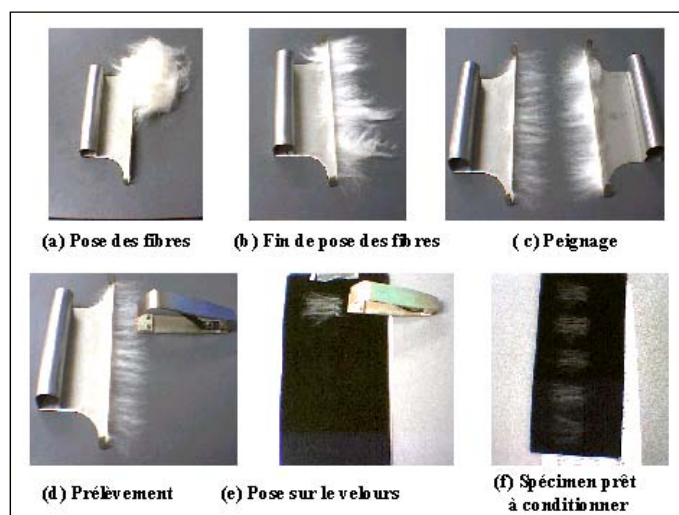


Figure 12 : Illustration de la préparation des échantillons de fibre pour une caractérisation sur appareil Mantis (Clichés Gourlot, 1997).

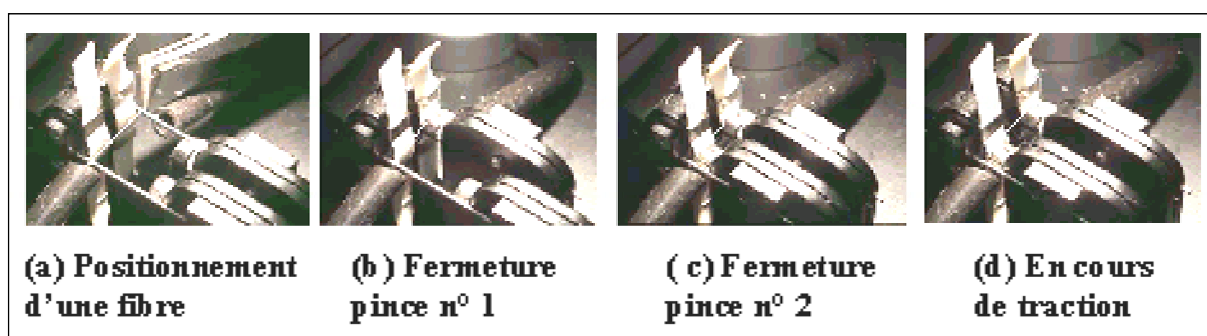


Figure 13 : Réalisation d'un test Mantis sur une fibre (Clichés Gourlot, 1997).

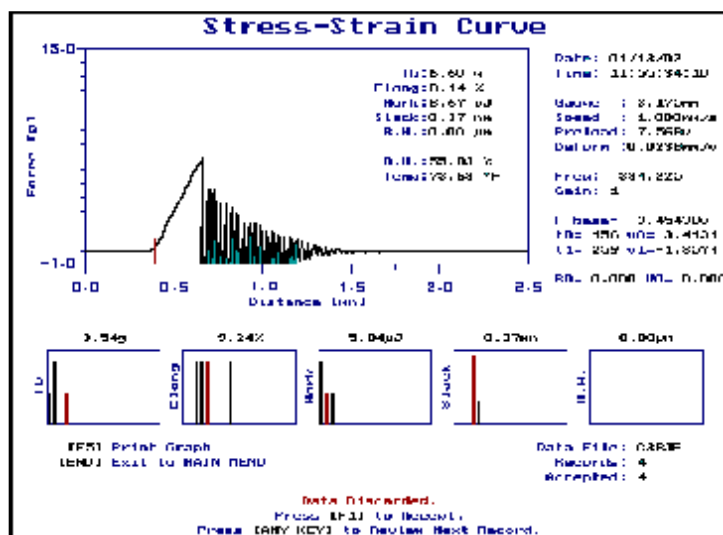


Figure 14 : Ecran de l'appareil avec représentation du graphe force / distance.

Comme illustré dans la Figure 14, le spectre complet est présent dans la série des données récupérables sous format d'un fichier de données. Les informations utilisées dans ce document concernent :

- Tb^{26} : la force maximale de rupture de la fibre, exprimé en gramme (sous-entendu gramme-force ou cN).
- Dep^{27} : l'allongement de la fibre en nombre de pas moteur de 0.00248 mm.
- La zone de données correspondant à l'ensemble des relevés compris dans l'intervalle $0.2 < Tb_i < Tb_i$ étant le pas correspondant à l'enregistrement de force.
- Les données de température et d'humidité relative enregistrées à proximité de la zone de test.

A.2.3.8. Mesures de la friction inter-fibres

Par définition, la friction représente la force qui s'oppose au mouvement relatif des fibres quand des forces latérales leur sont appliquées. Diverses méthodes ont été utilisées, mais des développements récents ont eu lieu et sont décrits dans le paragraphe B.6 ci-dessous.

Selon la bibliographie, la maturité des fibres est le critère le plus important trouvé en relation avec la force de friction, et donc les facteurs environnementaux sont prépondérants sur son élaboration. La longueur est le deuxième facteur explicatif généralement mis en évidence, qui dépend plus du facteur variétal que du facteur environnemental et de culture. Cependant, il est probable que les opérations de nettoyage et d'égrenage des fibres auront un effet sur ce critère.

Même s'il est encore peu utilisé commercialement - il s'agit d'un critère complexe à mesurer nécessitant des préparations spécifiques d'échantillon peu propices à des analyses rapides - il est reconnu que le niveau de friction des fibres affecte leur transformation et la qualité des produits intermédiaires et finis. A partir des données d'analyse de la friction, il est possible de prévoir l'aptitude à la transformation des fibres en produits textiles (filés, étoffes).

A.2.3.9. Mesures du collage des fibres

Le collage des fibres de coton peut se définir comme la propension des fibres à adhérer aux organes des machines de filature lors de leur transformation. Diverses origines de cette contamination ont été identifiées, mais celle qui a retenu l'attention des chercheurs et des industriels est d'origine entomologique (Figure 15). En effet, les contaminations entomologiques conduisant au collage des fibres de coton sont les plus perturbantes et majoritaires parmi les origines du collage.

Plusieurs méthodes de caractérisation peuvent être utilisées, mais celle qui semble la plus utilisée s'appuie sur le principe de thermo-détection (Figure 16). Il s'agit de presser un échantillon de fibres sous conditions de température et de pression entre deux supports vers lesquels vont migrer et adhérer

les points collants. Leur comptage sert d'indicateur de l'importance de la contamination dans l'échantillon. Deux appareils mettant ce principe ont été conçus : le SCT²⁸ (*Stickiness Cotton Thermodetector*) et le H2SD²⁹ (*High Speed Stickiness Detector*).

L'origine principale du collage étant les insectes présents dans les champs de coton au moment de l'ouverture des capsules, le facteur d'influence le plus important est la conduite de culture, même si un léger facteur variétal a pu être mis en évidence.

Le collage des fibres peut causer, directement ou par accumulation, des irrégularités dans le filé dans le meilleur des cas, et des interruptions de production dans le pire des cas avec obligation de nettoyage de toutes les machines impliquées. La mesure de son potentiel permet de gérer les stocks de coton et les modalités de transformation pour éviter partiellement ou complètement sa manifestation.



Figure 15 : Manifestations du collage dans les fibres de coton (Frydrych 2002).

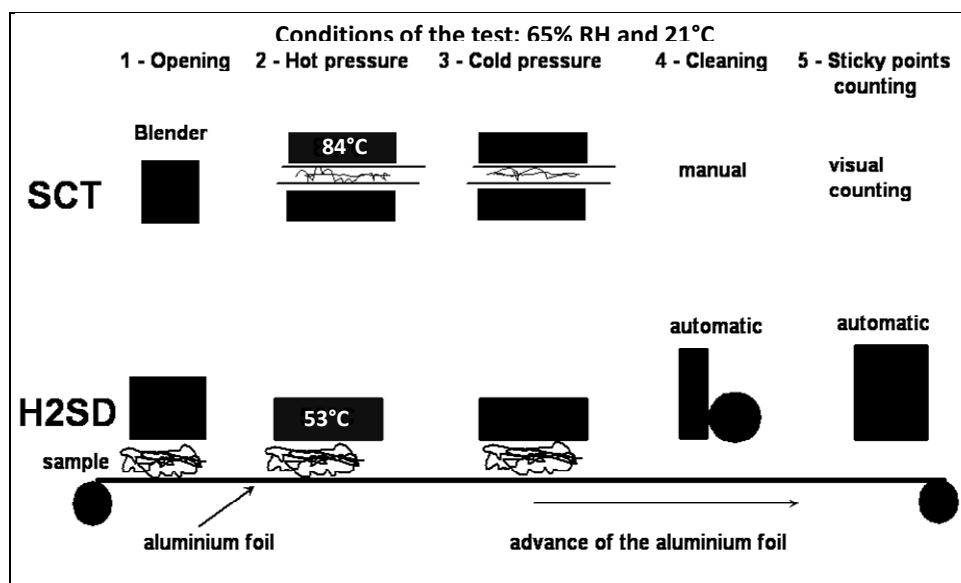


Figure 16 : Etapes de la thermo-détection (Frydrych 2002).

A.2.3.10. Mesures des débris de coque dans les fibres

Les débris de coque (en anglais *Seed-coat fragment*, SCF³⁰) sont des petits morceaux de la coque de la graine qui sont arrachés avec les fibres au moment de l'égrenage (Figure 17). Ils constituent un contaminant qui entre dans la catégorie des neps. Comme des fibres sont attachées à ces morceaux de coque de graine, ils accompagnent ensuite la fibre tout au long de la chaîne de transformation et parviennent jusqu'au produit fini.

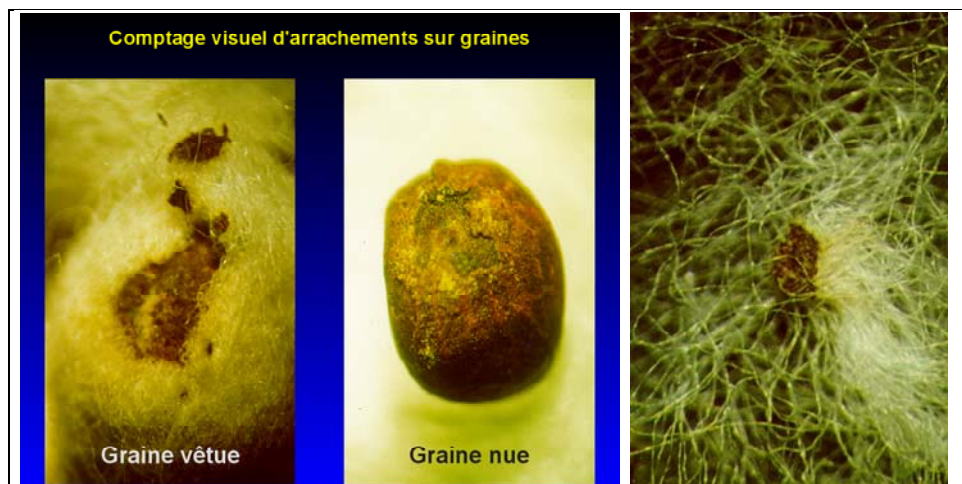


Figure 17 : Exemples de graine abimée et de débris de coque (SCF, Bachelier and Desplans 1999; Krifa 2001).

D'abord caractérisé comme neps, les progrès techniques et technologiques ont permis la création d'appareils de mesure capables de les distinguer des autres neps (Figure 38). Nous avons utilisé principalement deux types d'appareils : AFIS® et Trashcam/CATI. Le premier ouvre un ruban, prélève ses constituants (fibres, déchets, poussières, neps, débris de coque, ...) et les envoie dans des capteurs chargés d'en mesurer la taille et la fréquence. Le deuxième est basé sur l'analyse d'image de voiles, de nappes ou de planchettes de fil pour y détecter les débris de coque par contraste à leur environnement pour les comptabiliser et les décrire (forme, taille, couleur).

Il a été démontré que les facteurs variétaux, environnementaux et de transformation en interaction sont influents sur le nombre de débris de coques dans les fibres de coton. Les quantifier permet de prévoir leur impact sur la productivité et la qualité des filés et des étoffes constituées. A défaut d'un contrôle de leur importance à l'origine, des traitements chimiques de compensation / élimination partielle ou totale sont nécessaires pour parvenir à écouler les productions contaminées.

A.2.3.11. Transformation de fibres en filés

Les principes généraux de transformation de la fibre peuvent se résumer en quatre étapes essentielles :

- Préparation au cardage : ouverture, mélange et nettoyage,
- Cardage : démêlage et individualisation des fibres, formation de la première structure linéaire continue (un ruban),
- Préparation au filage : orientation et parallélisation des fibres, premier affinage par réduction du nombre de fibres en section droite,
- Filage : affinage et tordage pour former le fil.

Pour les besoins de l'amélioration variétale où peu de fibres sont produites, la micro-filature du CIRAD utilise généralement les opérations suivantes :

- Préparation au cardage : ouverture et nettoyage des fibres avec l'ouvreuse de laboratoire (mini-cardé à chapeaux lisses),
- Cardage : démêlage et individualisation des fibres avec la mini-cardé à chapeaux dentés fixes, formation de la première structure continue (une nappe),

- Préparation au filage : orientation et parallélisation des fibres, affinages par réduction du nombre de fibres en section droite par les opérations d'étirage,
- Filage : affinage et tordage pour former le fil sur continu à filer à anneaux-curseurs (RS³¹) et open-end (OE³²).

Au LTC, les réglages usuels de la fabrication et de l'analyse du fil sont optimisés en fonction de la longueur et de la finesse des cotons selon le protocole habituel afin d'atteindre l'optimum de résistance de fil en utilisant des résultats de recherche antérieurs (Gutknecht 1984; Frydrych 2002). En effet, cette assertion peut être vérifiée par l'étude de la relation liant la qualité des fils et celle des fibres : dans toutes les études réalisées au laboratoire quand une gamme large de qualité de cotons est utilisée et en l'absence de contaminant tels que débris de coque et collage des fibres, seule la ténacité des fibres apparaît comme facteur explicatif de la force de rupture des fils dans les régressions liant les critères technologiques de la fibre à ceux du fil (les autres critères technologiques des fibres ne sont pas inclus dans les modèles car ils n'apportent pas d'amélioration significative des modèles proposés). En outre, cette optimisation est renforcée par la très bonne qualité d'échantillonnage des fibres destinées aux diverses analyses afin d'établir des relations entre qualité des fibres et celles du fil (Figure 18).

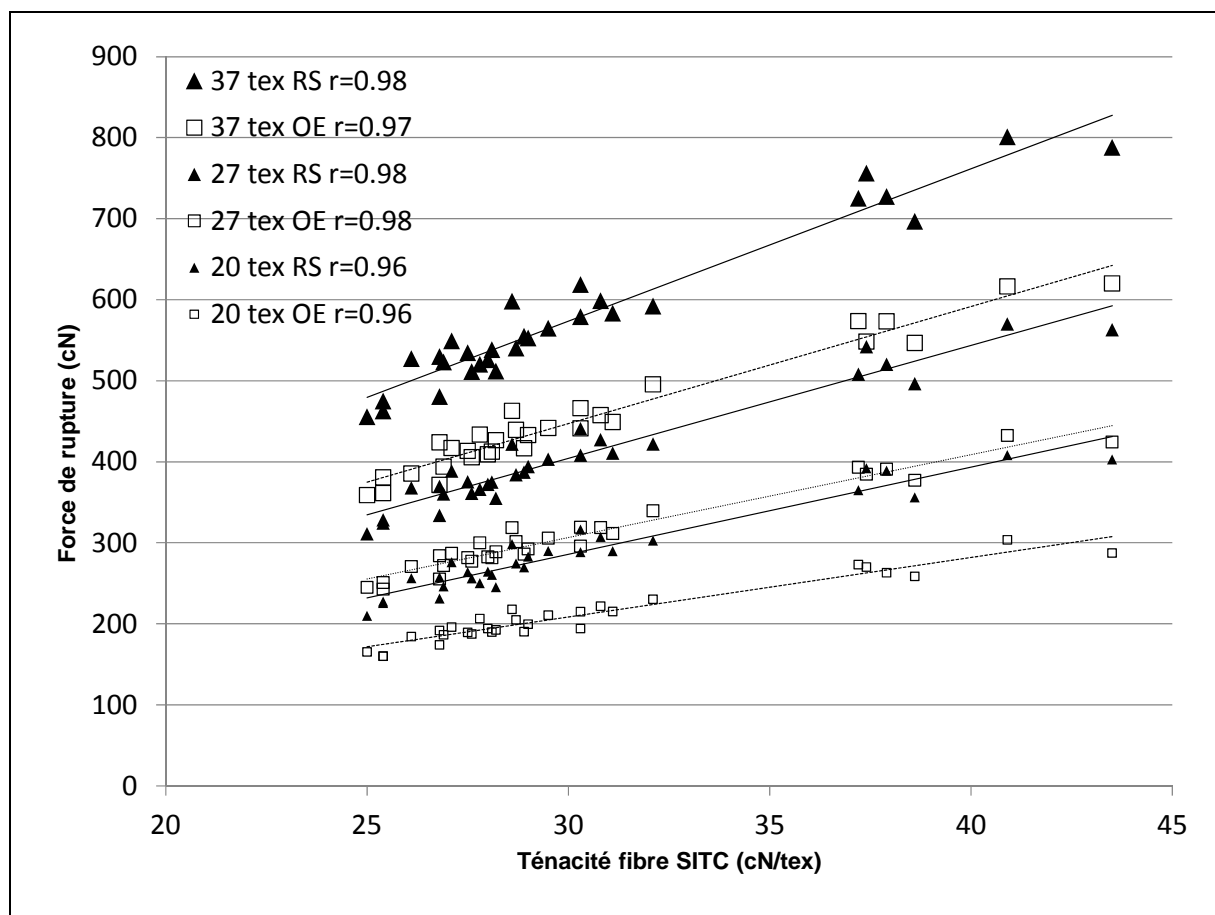


Figure 18 : Résultats des prévisions de la force de rupture des fils de différents titres en fonction de la seule ténacité des fibres mesurée par CMI (30 cotons).

A.2.3.12. Caractérisations sur fils

Les fils produits en micro-filature sont testés sur les mêmes appareils de mesure que ceux utilisés dans l'industrie textile, et dont les principes et caractéristiques mesurées sont connus. On se contentera donc ici de définir succinctement les critères utilisés dans les recherches :

- Masse linéique du fil : le rapport entre masse et longueur exprimé en tex (g/1000 m).
- Propriétés dynamométriques :

- force de rupture et à la rupture en cN ;
- allongement de rupture et à la rupture exprimé en % ;
- ténacité du fil en cN/tex : rapport de la force de rupture et de la masse linéique du fil.
- Régularité du fil
- Indice de régularité du fil (CV%)
- Imperfections du fil
- Grosseurs et finesses du fil
- Neps ou boutons
- Pilosité du fil

Les caractéristiques dynamométriques sont mesurées à l'aide de dynamomètres fil à fil à vitesse constante de déplacement de pinces de traction (Tensorapid) à partir d'éprouvette de 50 cm de longueur initiale.

La régularimétrie est testée sur un appareil Tester 3. A l'aide de dispositifs particuliers, ces appareils permettent de catégoriser les défauts qui sont imputables aux appareils de filature et ceux qui sont dus aux cotons testés, sachant que leur dépendance avec les facteurs variétaux et environnementaux diminue du fait de l'impact croissant des étapes de transformation.

En général, toutes ces caractérisations permettent de mieux connaître les filés et prévoir leur performance dans la suite des opérations de transformation de la filière textile.

A.2.3.13. Bonnes pratiques de laboratoire et d'expérimentation

Les fibres de coton sont hygroscopiques, et leur teneur en eau se met en équilibre avec les conditions ambiantes de l'air. Pour rendre les résultats des diverses caractérisations comparables entre elles, dans le temps, et en divers lieux, il est nécessaire de conditionner les fibres dans des airs ambiants de caractéristiques normalisées. Toutes les études conduites et décrites au prochain chapitre ont été réalisées dans des conditions strictement contrôlées.

Dès que cela est possible, les expérimentations incluent la caractérisation de matières de référence 'labellisées' dans les séries d'échantillons en cours d'étude afin de rattacher nos résultats aux références internationales. Cela permet également de vérifier la stabilité dans le temps de nos caractérisations pour assurer nos interprétations et conclusions.

Par principe, nos expérimentations sont conduites avec des répétitions des traitements pour vérifier s'ils sont reproductibles. Par ailleurs, le nombre d'échantillons impliqués est généralement très élevé afin de tendre vers une 'universalité' des conclusions qui peuvent être tirées pour l'ensemble des cotons produits dans le monde ; dans le cas contraire, des limites de validité des conclusions sont proposées.

Chapitre B : Activités menées en recherche, description et résultats majeurs

Les activités scientifiques sont réalisées par des femmes et des hommes, généralement regroupés en équipes autour de projets ayant des objectifs, des partenaires scientifiques, techniques et financiers, et des moyens qu'il faut animer, administrer et gérer pour parvenir à un/des résultat(s) tangible(s). Ces équipes sont généralement incluses dans des dispositifs, dans des organismes ou des institutions plus importants qui définissent généralement des stratégies et des programmations scientifiques spécifiques, et qui demandent en retour d'être alimentées en informations sur les avancements, les progressions, etc. La réalisation des activités animation, administration, et gestion demande des compétences spécifiques dont certains agents disposent naturellement ou à la suite de formations. Dans tous les cas, il est nécessaire que certains agents disposent de la volonté et de l'envie de prendre des responsabilités et de se rendre disponibles pour les assumer.

Comme indiqué dans la notice incluse dans la Partie 1 de ce document, j'ai conduit mes activités scientifiques dans des projets pour lesquels seront décrits ci-dessous les hypothèses, les expérimentations, les résultats et discussions. Comme j'ai accepté de jouer le rôle d'animateur à plusieurs reprises à des niveaux raisonnables dans certains projets, les moyens humains, matériels et financiers, les partenariats impliqués ainsi que la part d'activités qui m'a été dévolue en termes de 'Diriger' sont indiqués également.

Ainsi je vais développer les projets de recherche suivants sous toutes les thématiques suivantes :

- Adaptation des conditions d'utilisation d'appareils de mesure intégrés dans les conditions d'un programme d'amélioration variétale (B.1) ;
- Etude de l'influence de certains contaminants (débris de coque, collage entomologique) sur la filabilité des fibres (respectivement B.2 et B.3) ;
- Etude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres de coton sur la mesure de leur ténacité (B.3.7) ;
- Application de l'utilisation d'appareils de mesure intégrés à l'échelle de la commercialisation des fibres (B.5) ;
- Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres (B.6) ;
- Démarche qualité selon référentiel ISO 17025 (B.7) ;
- Etude des mélanges de fibres de natures différentes (B.8).

A la lecture de la liste ci-dessus, il pourrait sembler que mes activités étaient disparates et que ces projets étaient éloignés les uns des autres. Cependant, mes activités ne font appel qu'aux seuls quatre mots-clés suivants qui ont participé à la définition du titre de cet ouvrage :

- Fibres naturelles ;
- Caractérisation (métrologie, moyennes, variances, limites d'usage) ;
- Harmonisation des pratiques (normalisation, démarche qualité, formation, enseignement) ;
- Aptitude à la transformation (depuis leur production).

On peut retrouver en Tableau 1 la représentation graphique résumée et approximative du CV déposé en Partie 1 selon l'axe vertical des années. Enfin, à la fin de chaque description de thématique, les modalités organisationnelles et financières, et les coopérations internes et externes qui ont permis ces activités seront citées.

Tableau 1: CV synthétique.

Année	Formation diplômante	Employeur	Fonction	Fonction (autre)	Contribution aux activités nationale et internationale	Gestion de projets	Encadrements Doctorats, Postdocs (Formation, % encadrement)	Encadrements DUT, Ingénieurs, DEA, Master (Formation, % encadrement)
1980	Baccalauréat F1							
1981	BTS Construction mécanique - automatisme	Institution St Joseph - Epinal	Surveillant internat					
1982								
1983	Ingénieur textile ESITE							
1984								
1985								
1986		Ronchamp Industries	Resp. labo et qualité					
1987								
1988								
1989								
1990		CIRAD	Resp. labo fibre LTC	Dév. Méthodo. Et appareillages	AFNOR CEN	SITC pour amélioration variétale		C. NAVARRE (Ing. 70%)
1991								
1992							O. CONSTANTIN (Ing. 70%)	
1993						RST (membre)	F. THOLLARD (Ing. 50%)	
1994							P. MANESCU (Ing. 50%), R. HUGON (Ing., 70%)	M. GINER (Master, 80%), D. MAHISTRE (Ing. 70%)
1995							L. MILLET (Ing. 50%), G. DAMIAND (Ing., 50%)	O. TAMIME (Ing. 100%), R. HUGON (DEA, 80%), P. MANESCU (Ing., 70%)
1996						CFC/ICAC/11 (Resp. Scientif.)	G. DAMIAND (DEA, 50%), A. VEGA (Ing. 80%)	P. MANESCU (DEA, 70%)
1997							M. KRIFA (DEA, 50%), F. GILLES (Ing., 50%)	O. TAMIME (CDD, 50%), R. VIEILLEDEN (CDD, 50%)
1998							M. GINER (DEA, 80%)	R. ROBERT (Ing. 100%), B. JAEGER (Ing., 25%)
1999						CFC/ICAC/30FT (Co-PEA)	V. VYDELINGUM (Ing. 50%)	E. THOMAS-KIEL (Ing. 50%)
2000	Doctorat UHA						M. YIN (DEA, 30%), F. LANGLOIS (Ing., 50%)	V. ORSSAUD (Ing. 70%), S. GUERINOT (Master-Ing., 100%)
2001							G. VALDEYRON (DEA, 100%)	
2002						ONUDI - Bénin (Expert)	R. LIU (Postdoc, 50%)	
2003								
2004								
2005						CFC/ICAC/33 (Co-PEA et Resp. Scientif. Composante D.)	M. RIVIERE (Ing. 70%)	M. LAPORTE (2° prépa., 100%)
2006							S. NOWROUZIEH (Doct, 25%)	A. LEJEUNE (Prof. 70%), C. MARCHAL (DUT, 100%)
2007							J.-M. MORENO (Master, 100%)	S. GUIBAL (DUT, 100%)
2008						CSITC-TF		A. VERSINI (Ing. 30%), E. THOMAS-KIHIL (70%)
2009							C. AZUARA (DUT, 100%), K. SERRE (BTS, 50%)	M. T. TRAN (Ing. 30%), D. SAROK (Ing. 50%), E. FONQUERME (Ing. 30%)
2010							M. ABOE (Doct, 80%), E. LUKONGE (Post-doc, 80%)	P. HUBLE (Master, 34%)
2011								C. AZUARA (Licence Pro. 50%)
2012								B. MAURIN (Ing. 25%)
2013	HDR			Elu au conseil d'UR		HDR		

B.1. Adaptation des conditions d'utilisations des appareils intégrés de mesure à celles de la création variétale

Nous commencerons ce chapitre en expliquant rapidement comment l'amélioration variétale est réalisée sur le cotonnier avant d'expliquer les éléments de base sur la caractérisation instrumentale classique, puis celle des appareils intégrés de mesure, et la formulation de leurs conditions d'utilisation. Nous décrirons ensuite les étapes de réflexion et de recherche appliquées sur cette thématique. Nous clôturerons cette partie en formulant quelques conclusions et perspectives à ce niveau.

Avant d'expliquer les recherches faites dans cette thématique, il est nécessaire d'expliquer rapidement comment se passe la création, l'amélioration et la sélection variétale chez le cotonnier. L'explication se base sur l'exemple d'un programme moyen d'amélioration variétale pratiqué par le CIRAD et par ses partenaires (Tableau 2, Bachelier 1998). Pour parvenir à une variété vulgarisée, il faut une dizaine d'années de travail de sélection depuis le croisement initial entre les parents porteurs de caractéristiques intéressantes. Pour améliorer en permanence les variétés, une dizaine de croisements est généralement faite chaque année, et une partie variable des descendance est surveillée chacune des années suivantes d'expérimentation pour vérifier l'intérêt à les conserver dans le schéma. Pour une année d'expérimentation donnée, les généticiens coton surveillent de l'ordre d'une dizaine de programmes d'amélioration variétale, incluant ceux qui ont été lancés pendant les neuf années précédentes.

En partant de l'année du croisement, le coton-graine des capsules arrivées à maturité de chaque plant issu d'un croisement est regroupé pour constituer un échantillon de coton-graine porteurs des fibres de la génération précédente et des graines de la génération actuelle. Les fibres ne sont séparées par égrenage des graines que pour récupérer des graines qui seront semées en inter-campagne (I.C.). Ces plants vont produire des fleurs qui seront autofécondées qui vont se développer en capsules qui seront regroupées plant à plant. A cette étape également, l'égrenage n'est fait que pour récupérer les graines qui seront semées. Ce n'est qu'en génération F2 / F3 que les fibres des plants ayant des caractéristiques phénotypiques, agronomiques et de comportement à l'égrenage intéressantes sont caractérisées. Ainsi, au vu des résultats de caractérisation, environ seulement 50% des plants sélectionnés verront leurs graines semées l'année suivante. En procédant de la même manière année après année, nous parvenons à l'étape de micro-essai puis, à celle de l'essai variétal antenne, puis à celle de l'essai variétal multi local. A ces étapes, les fibres issues de variétés intéressantes à tous les points de vue sont caractérisées, mais également testées pour leur comportement en micro-filature. C'est à l'étape de l'essai variétal multi local qu'apparaît la première étape de diffusion de la variété à plus grande échelle dans une ferme semencière. Celle-ci est chargée de produire graduellement la quantité de graines nécessaires au semis de la surface cotonnière requise d'une part, et de le faire à partir de graines re-sélectionnées pour éviter les dérives dans le temps. A partir de trois re-sélections, les générations suivantes de graines produites ne sont plus contrôlées par la recherche pendant trois années avant que les graines soient ensuite envoyées à l'huilerie. Dans tous ces cas, les fibres suivent la filière de commercialisation, dans des quantités croissantes des variétés sélectionnées qui parviennent à l'étape de culture à grande échelle.

Si tous les échantillons de fibre produits pendant ces efforts d'amélioration variétale étaient analysés chaque année, c'est près de 10 programmes parallèles * 5000 échantillons, soit 50 000 échantillons de fibre qu'il faudrait caractériser par an, dont une partie en micro-filature. Nous avons vu cependant que des étapes de sélection d'échantillons (de graines et de fibres) ont lieu pour des aspects de comportement agronomique, phénotypique et technologique des plants auxquels s'ajoutent des aspects économiques : égrener des capsules et caractériser des fibres à un coût qu'il faut prendre en compte autant que celui de reconduire la culture d'une génération sans intérêt par manque de critère de sélection suffisamment sélectif.

Tableau 2: Descriptif succinct des étapes de création et d'amélioration variétale. Nombre approximatifs d'échantillons, et type de préparation, mode de diffusion des variétés créées et re-sélectionnées (vagues de multiplication).

Année	Etape	Opération	Récolte - unité	Nb typique d'échantillons	Nombre de			Surface (m²) / parcelle	Coton-graine (Kg/unité)	Egrenage	Poids de fibre (g) / échantillon	Analyses		Multiplication (sous contrôle de la recherche)			Distribution (sous contrôle du développement)			Huilerie
					lieux	variétés	répétitions					Fibre	Micro-filature	G1	G2	G3	R1	R2	R3	
1	Croisement	Croisement	Capsules croisées regroupées par croisement	10	1		1		0.100	Rouleau	42.0	non	non	-	-	-	-	-	-	-
I.C. 1-2	Génération F1	A.F. (Auto-fécondation)	Capsules A.F., récolte en mélange	10	1		1		0.009	Rouleau	3.8	non	non	-	-	-	-	-	-	-
2	Génération F2	A.F. & choix de plants	Capsules A.F. plant à plant	2000	1		1		0.080	Rouleau	33.6	oui	non	-	-	-	-	-	-	-
3	Génération F3	A.F. & choix de plants	Capsules A.F. plant à plant	1000	1		1		0.080	Rouleau	33.6	oui	non	-	-	-	-	-	-	-
4	Génération F4	A.F. & choix de plants	Capsules A.F. plant à plant	200	1		1		0.080	Rouleau	33.6	oui	non	-	-	-	-	-	-	-
5	Génération F5	A.F. & choix de lignes	Capsules A.F. ligne à ligne	100	1		1		0.080	Rouleau	33.6	oui	non	-	-	-	-	-	-	-
6	Génération F6	Micro-essai	Essai	200	1	50	4	60	12.000	10 scies	5040.0	oui	non	-	-	-	-	-	-	-
7	Etape 8	Essai Variétal Antenne	Essai	96	3	8	4	77	15.400	20 scies	6468.0	oui	non	-	-	-	-	-	-	-
8	Etape 9	Essai Variétal Antenne	Essai	150*	5	6	5	77	15.400	20 scies	6468.0	oui	non	-	-	-	-	-	-	-
9	Etape 10	Essai Variétal Multilocal	Essai	480*	16	6	5	77	15.400	20 scies	6468.0	oui	(oui)	X	-	-	-	-	-	-
10	Etape 11	Essai Variétal Multilocal	Essai	480*	16	6	5	77	15.400	20 scies	6468.0	oui	(oui)	X	X	-	-	-	-	-
10	Etape 11	Essai Variétal Paysan	Essai	240*	30	4	2	320	64.000	20 scies	26880.0	oui	(oui)	X	X	X	-	-	-	-
11	Etape 12	Essai Variétal Paysan	Essai	240*	30	4	2	320	64.000	20 scies	26880.0	oui	(oui)	X	X	X	X	-	-	-
12	Etape 13	Essai Variétal Paysan	Essai	240*	30	4	2	320	64.000	20 scies	26880.0	oui	(oui)	X	X	X	X	X	-	-
13	Etape 14	Multiplication / Distribution	Resélection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-
14	Etape 15	Multiplication / Distribution	Resélection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X

* : tous ces échantillons ne sont pas forcément analysés pour raison économique

Jusque dans les années 1980, seuls les appareils classiques de détermination des caractéristiques technologiques des fibres existaient : fibronaire, Fibrographe en remplacement des appareils à champs de peignes, Stéломètre en remplacement des Pressley (0 ou 1/8° de pouce), colorimètres. A cette époque, la caractérisation n'avait jamais été aussi poussée. Cependant, les capacités d'analyses des laboratoires étaient limitées par le nombre de techniciens et leur dextérité, et le nombre d'échantillons finalement testés était moindre que celui attendu. On prenait alors le risque de passer à côté d'une variété pouvant être performante ou celui de poursuivre les expérimentations sur des variétés qui se révéleraient inintéressantes. C'est à cette époque (Sasser 1990; Sasser and Moore 1992), que commencent les études outre-Atlantique de regroupement des différents appareils de mesure au sein d'appareil automatisés et intégrés (appelés High Volume Instrument, HVI®, marque déposée ensuite, et donc dénommés depuis 2007 *Standardized Instrument for Testing Cottons* – SITC³³ en anglais, ou CMI en français).

Les responsables de programmes d'amélioration variétale se sont intéressés à l'utilisation de ces appareils SITC, d'abord développés pour caractériser tous les échantillons prélevés dans les balles de coton produites chaque année à des fins commerciales. Cependant, aucune preuve n'avait été faite que ces nouveaux appareils industriels puissent être utilisés à ces fins, ni s'ils ont la même efficacité en sélection, ou s'ils apportent les mêmes résultats et efficacités que les appareils classiques en amélioration variétale, et ce d'autant que la préparation des échantillons (égrenage, présentation, charge, homogénéisation) semblait avoir un impact sur les résultats et leur précision.

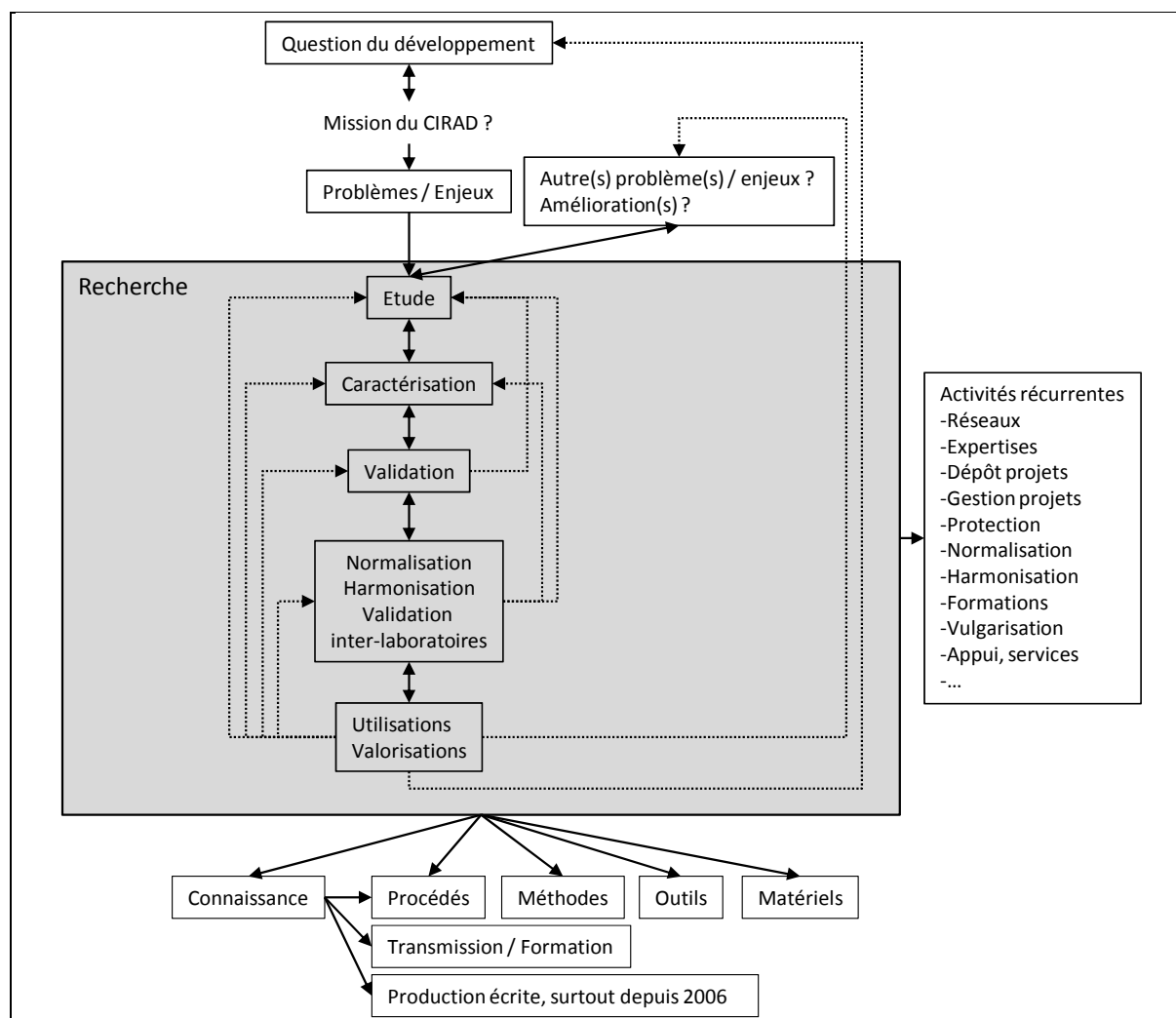


Figure 19 : Approche générale utilisée pour mes recherches.

Selon une approche générale exposée en Figure 19 (source Gurlot, note personnelle), mes recherches expérimentales ont donc testé successivement les hypothèses complémentaires suivantes répondant à l'objectif général de l'étude de la capacité des CMI à satisfaire aux conditions d'utilisation en amélioration variétale :

- Les principes mis en œuvre dans les appareils CMI de marque Spinlab® peuvent être compris et utilisés en amélioration variétale (B.1.1).
- Les résultats CMI Spinlab® sont comparables à ceux obtenus avec des appareils classiques (Stélomètre, Fibrographe) sinon les résultats de création variétale ne seront pas équivalents (B.1.2).
- L'histoire des échantillons (mode de récolte, égrenage, ...) doit être prise en compte pour définir le(s) mode(s) opératoire(s) garantissant une précision donnée des résultats d'analyse sur CMI Spinlab® (B.1.3).
- Les résultats d'analyse par CMI Spinlab® permettent de prévoir les caractéristiques des filés au même titre que ceux issus des appareils classiques d'analyse (B.1.4).
- Afin de rendre les résultats accessibles et comparables entre eux, il est nécessaire de stocker toutes les informations relatives aux échantillons et à leurs conditions d'analyse (B.1.5).
- Pour rendre nos résultats comparables à ceux des autres laboratoires de recherche et de classement, la participation à des tests inter-laboratoires est nécessaire (B.1.6).
- Les résultats d'analyse par CMI Motion Control Inc® 3500 (MCI³⁴), utilisant des principes différents de Spinlab®, peuvent également être utilisés en amélioration variétale et pour prévoir les caractéristiques des filés au même titre que ceux issus des appareils classiques d'analyse (B.1.7).
- L'efficacité de l'amélioration variétale est équivalente quelque soit la source des données : instruments classiques ou CMI (Spinlab® principalement) (B.1.8).
- La mesure de maturité-finesse est un meilleur indicateur de la forme des fibres que le micronaire (B.1.9).
- Le fait que les échantillons commerciaux sont prélevés à l'emporte-pièce (sabot) ne change pas les résultats de leur caractérisation (B.1.10).
- Les valeurs de caractéristiques technologiques des matières de référence servant à l'étalonnage des appareils de mesure sont établies de manière fiable à chacun de leur renouvellement (B.1.11).

Chacun de ces sujets est traité succinctement ci-après en en rappelant l'hypothèse (le titre), quelques éléments de méthodes et finalement le résultat majeur.

B.1.1. Les principes mis en œuvre dans les appareils CMI de marque Spinlab® peuvent être compris et utilisés en amélioration variétale.

Grâce à l'étude des principes de fonctionnement des CMI et quelques mini-études de compréhension par analyses d'échantillons, la comparaison des principes utilisés dans les appareils classiques et CMI ont pu être comparés (Figure 20, Gurlot 1990).

Il est apparu que ces principes ne s'opposaient pas à une utilisation des CMI en création variétale mais sous réserve d'étudier tous les points suivants. En complément, ces connaissances ont été incluses dans des documents didactiques et transférées lors de formations professionnelles à nos partenaires du sud.

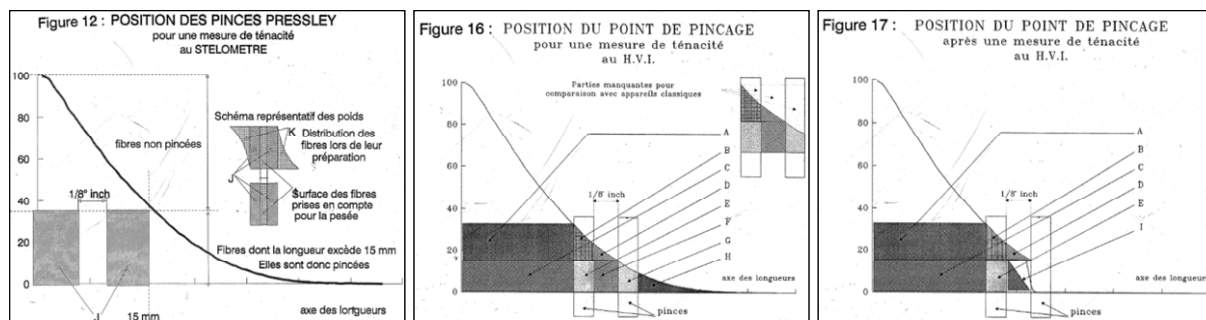


Figure 20 : Trois schémas de comparaison des principes de choix de la quantité de fibres pour les tests de dynamométrie par CMI.

B.1.2. Les résultats CMI Spinlab® sont comparables à ceux obtenus avec des appareils classiques (Stélomètre, Fibrographe) sinon les résultats de création variétale ne seront pas équivalents.

Pour aborder ce point, une centaine de cotons ont été testés sur chacun des appareils classique et CMI pour analyser les corrélations entre les données et les correspondances entre les mesures. En outre, le choix du référentiel (ICCS, ou UHVICC finalement retenu) pour les analyses a nécessité des études comparatives spécifiques.

Pour tous les critères, les relations sont acceptables, vues les variations intra-échantillons observées (dont il va falloir étudier l'impact sur la précision des mesures). Seule une sous-dispersion de la distribution des allongements sur CMI doit être surveillée pour ne pas biaiser la création variétale (Figure 21, Gourlot 1990). Cependant, comme le Pressley, qui ne permet pas la mesure de l'allongement, était utilisé jusqu'à récemment, les conséquences seront limitées.

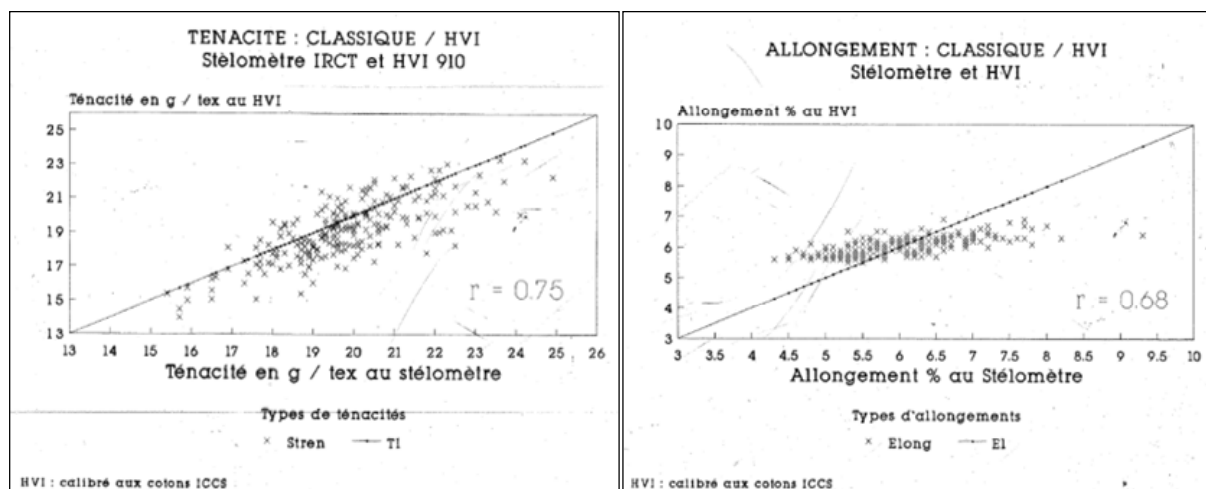


Figure 21 : Relations entre résultats de mesure CMI (HVI®) et instruments classiques.

B.1.3. L'histoire des échantillons (mode de récolte, égrenage, ...) doit être prise en compte pour définir le(s) mode(s) opératoire(s) garantissant une précision donnée des résultats d'analyse sur CMI Spinlab®.

Diverses expérimentations ont été mises en œuvre (Figure 22).

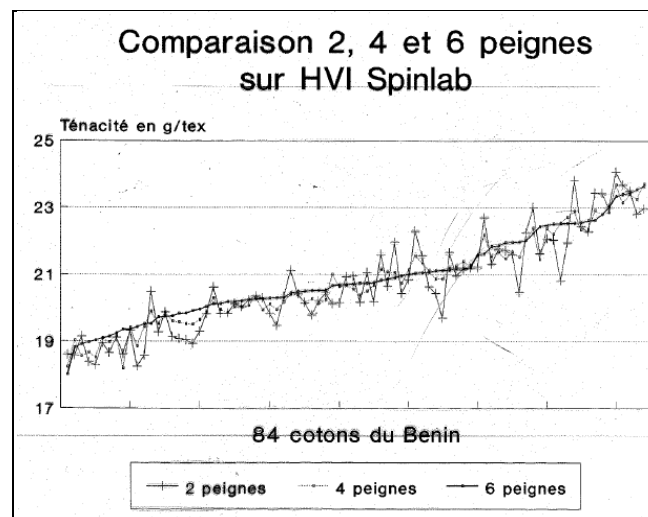


Figure 22 : Exemple de résultats comparés à divers nombres de mesures par échantillon.

En outre, une expérimentation utilisant des échantillons égrenés au rouleau et à la scie, homogénéisés ou non manuellement, avec différentes combinaisons de nombres de mesures par échantillon ont permis l'évaluation de la distribution des variabilités intra-échantillons des différentes caractéristiques technologiques des fibres.

Deux modes opératoires différents ont été définis pour les échantillons selon leur mode d'égrenage (Figure 23, Gourlot and Héquet 1994), mettant en évidence l'importance de l'homogénéisation des échantillons avant leur caractérisation pour atteindre une précision donnée (indiquée sous les tableaux dans la Figure 23).

Tableau 3. Comparaison de la fiabilité des résultats entre 2 et 10 mesures par échantillon et entre échantillons mélangés et non-mélangés. La validité est exprimée par la probabilité d'obtenir le même résultat en reproduisant la mesure.				
3a. Cas des cotons égrenés à la scie.				
Caractère mesuré	Probabilités d'obtenir la même mesure dans les différents cas			
	2 mesures par échantillon		10 mesures par échantillon	
	non-mélangé	mélangé	non-mélangé	mélangé
Longueur 2,5 % SL	52	52	99	99
Longueur 50 % SL	47	55	99	100
Uniformité de longueur	47	60	99	100
Résistance à la rupture (ténacité)	48	54	99	100
Allongement	64	81	100	100

3b. Cas des cotons égrenés au rouleau.				
Caractère mesuré	Probabilités d'obtenir la même mesure dans les différents cas			
	2 mesures par échantillon		10 mesures par échantillon	
	non-mélangé	mélangé	non-mélangé	mélangé
Longueur 2,5 % SL	24	46	80	99
Longueur 50 % SL	24	44	79	98
Uniformité de longueur	29	48	88	99
Résistance à la rupture (ténacité)	21	38	74	96
Allongement	52	98	99	100

Les plus petites différences significatives entre les mesures sont les suivantes : pour les longueurs, 1 millimètre ; pour l'uniformité, 3 % ; pour la résistance à la rupture, 2 grammes par tex ; pour l'allongement 0,4 %.

Figure 23 : Puissance statistique des précisions d'analyse sur les différents critères mesurés (étalonnage ICCS valide à l'époque) selon les modalités opératoires.

B.1.4. Les résultats d'analyse par CMI Spinlab® permettent de prévoir les caractéristiques des filés au même titre que ceux issus des appareils classiques d'analyse.

Des expérimentations combinant des tests en filature classique à anneau-curseur (RS) à ceux réalisés sur fibres (comme celle-ci-dessous utilisant 91 échantillons égrenés à la scie) ont été réalisées pour en analyser les résultats.

Les résultats des CMI ont la même aptitude à prédire les résultats de résistances des filés 20 tex que ceux issus des appareils classiques (Figure 24, Frydrych and Gourlot 1993).

R. Frydrych, J.-P. Gourlot Coton Fibres Trop., 1993, vol. 43, fasc. 3 — 203

TABLEAU 2
Corrélations entre les caractéristiques technologiques des fibres et la ténacité du fil (filature à anneaux 20 tex).
Correlations between technological fibre characteristics and yarn strength (using a 20 tex ring spinning).

Variables indépendantes	Ténacité du fil Uster R
Longueur SL 2,5 %	0,59 ^{***}
Longueur SL 50 %	0,77 ^{***}
Uniformité	0,67 ^{***}
Micronaire	- 0,46 ^{***}
Maturity ratio	- 0,36 ^{***}
Finesse H	- 0,36 ^{***}
Ténacité	0,67 ^{***}
Allongement	- 0,13 n. s.

Le seuil de signification α P = 0,05 est de 0,205

Figure 24 : Corrélations entre caractéristiques technologiques des fibres et des filés (à anneau-curseur) 20 tex (étalonnage ICCS valide à l'époque).

Une autre expérimentation utilisant 30 cotons en plusieurs titres et les deux techniques de filatures majoritaires (anneau-curseur- RS et à bouts libérés OE) donne des résultats encore plus satisfaisants (voir Figure 18). Pour exploiter davantage les autres critères mesurés par les CMI dans la prédiction de résistance des filés 20 tex, des abaques ont été construites (exemple en Figure 25, Gourlot 2000a).

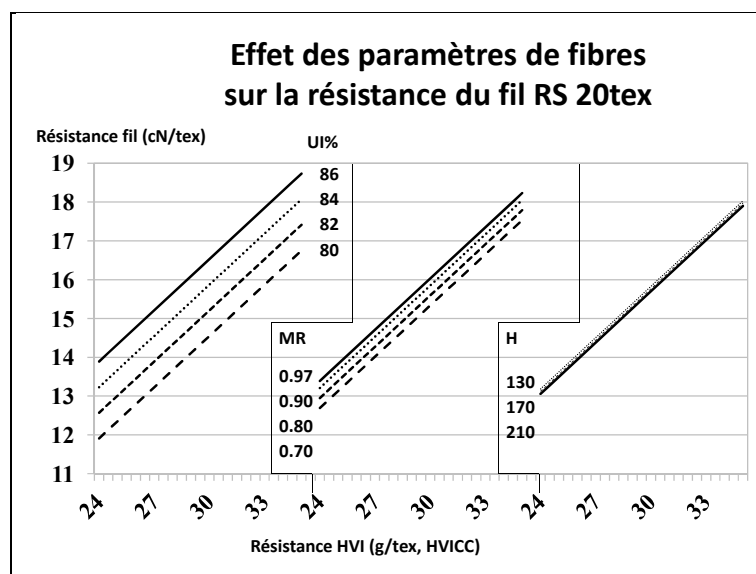


Figure 25 : Importance de la ténacité des fibres (g/tex) combinée avec les paramètres : uniformité des longueurs de fibres (UI%), maturité (MR, sans unité) et finesse linéique (H, mtex) sur la ténacité (cN/tex) des filés 20 tex obtenus par continu à anneau-curseur.

B.1.5. Afin de rendre les résultats accessibles et comparables entre eux, il est nécessaire de stocker toutes les informations relatives aux échantillons et à leurs conditions d'analyse.

Jusqu'à 1989, les résultats d'analyse étaient reportés dans des cahiers ou sur des fiches papier qui étaient photocopiées pour expédition à nos partenaires. Cependant, pour des études rétrospectives, ce système ne permet pas un accès aisé aux données. Donc dès 1991, j'ai conceptualisé (Figure 26) et programmé un système de base de données sous Open Access II. Cette base de données a été graduellement améliorée (sur différentes plateformes informatiques au fil du temps) pour se stabiliser dans la structure dont un sous-ensemble est montré en Figure 27. Ce logiciel a été baptisé SISTER (Système d'Information pour le Stockage, le Traitement et l'Evaluation des Résultats).

Cette manière de compiler les données a imposé d'harmoniser la plupart des pratiques opérationnelles du LTC et a constitué une première démarche de formation vers les démarches qualité qui requièrent la traçabilité des informations relatives aux activités du laboratoire (Gourlot, Giner et al. 1995).

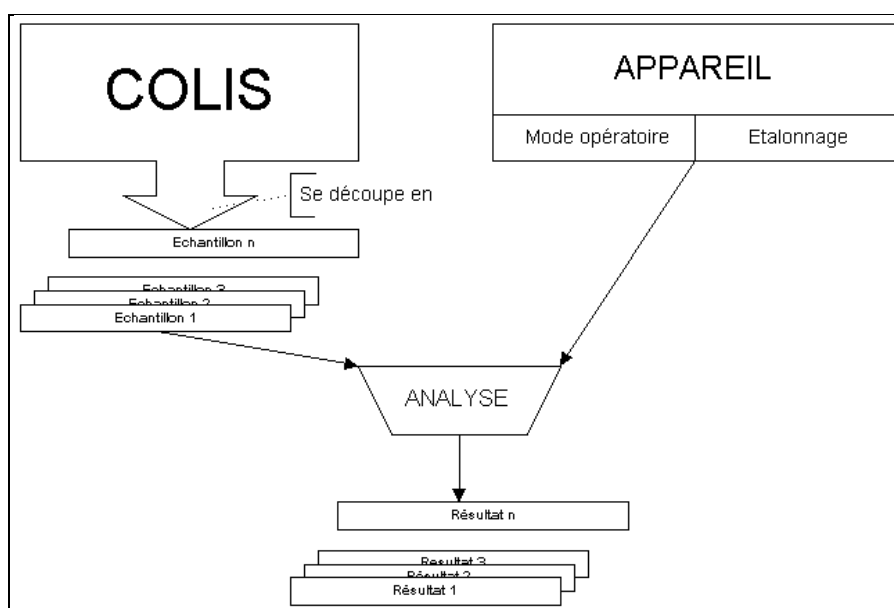


Figure 26 : Schéma de conceptualisation de SISTER.

SISTER a été sans cesse amélioré, et utilisé dans plusieurs laboratoires du CIRAD (y compris dans des banques de gènes) ; il est toujours fonctionnel en 2013 au LTC. Il est en effet conçu comme un outil évolutif pouvant intégrer rapidement de nouveaux appareils de caractérisation accédant à tous les outils déjà disponibles (importation des données, calcul sur les données, requêtage, impression, représentation graphique, prise en compte des matières de référence, ...) dans l'application informatique.

Cette démarche a été étendue jusqu'à l'accréditation du LTC (voir paragraphe B.7).



Les tests inter-laboratoires de Brême et de l'USDA, dévolus aux caractérisations commerciales, ne sont pas complètement adaptés au monde de la recherche. Or, nos collègues généticiens en postes auprès de nos partenaires des programmes d'amélioration variétale se sont vus proposer plus souvent

des services d'analyses technologiques localement. Pour rendre tous les efforts CIRAD d'amélioration variétale cohérents, j'ai créé un test inter-laboratoires utilisant les modes opératoires de la recherche à partir de 1994 (Gourlot 1994; Gawrysiak, Brunissen et al. 1999).

Grâce aux conseils apportés à nos partenaires et à leurs laboratoires, nous observons une stabilisation des écarts entre résultats de mesure des laboratoires participants et ceux du LTC (pris comme référence) autour d'une valeur nulle au fil des temps (Figure 28, 1994-1997). Nos collègues généticiens ont pu utiliser en confiance les résultats produits par d'autres laboratoires partenaires.

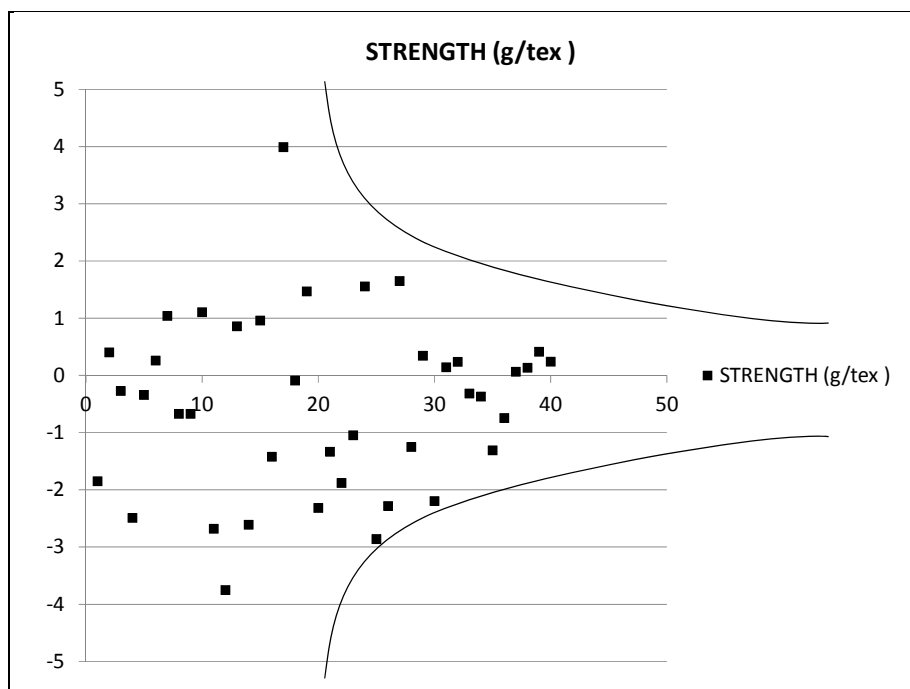


Figure 28 : Evolution des écarts entre les résultats moyens des laboratoires participants et les valeurs CIRAD dans le temps.

B.1.7. Les résultats d'analyse par CMI Motion Control Inc® 3500 (MCI), utilisant des principes différents de Spinlab® peuvent également être utilisés en amélioration variétale et pour prévoir les caractéristiques des filés au même titre que ceux issus des appareils classiques d'analyse.

Pour la chaîne de mesure MCI, les mêmes étapes de raisonnement que pour la chaîne Spinlab ont été utilisées : compréhension des principes, comparaison avec les résultats d'autres techniques de mesure, définition des modes opératoires, incorporation des données dans SISTER, participation à des tests-inter-laboratoires.

Deux étapes dans le développement matériel par le fabricant ont été testées : avec l'échantillonneur traditionnel (pince) ou avec un prototype du fabricant (peigne+pince, développement spécifique, Figure 29, Chanselme, Gourlot et al. 1996a; Chanselme, Gourlot et al. 1996b).

Les premiers résultats ont montré que le nombre de mesures par échantillons est très (trop) important pour être réaliste, quelque soit la préparation de l'échantillon pour améliorer la situation (Figure 30, Chanselme, Gourlot et al. 1996a; Chanselme, Gourlot et al. 1996b; Gourlot, Vialle et al. 1996). Au final, cet appareil n'a été utilisé que pour les échantillons égrenés à la scie avec homogénéisation manuelle des échantillons en utilisant la pince spéciale créée par le CIRAD (Figure 29). Nous aurions pu continuer à tenter d'améliorer le système de prélèvement des fibres dans l'échantillon manifestement en cause, mais le constructeur de cet équipement fut racheté par son concurrent et la production et la maintenance de ce modèle d'appareil ont été stoppées.

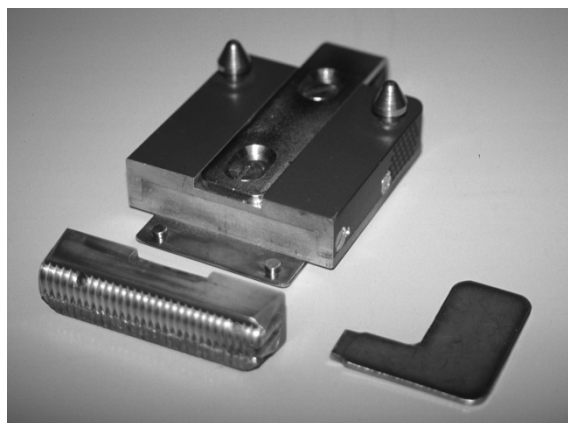


Figure 29 : Pince spécifique créée par le CIRAD pour l'étude sur les conditions de mesure des échantillons sur MCI.

Number of clamps by sample Roller ginned cottons		Number of clamps by sample Saw ginned cottons	
Characteristic	Number of clamps	Characteristic	Number of clamps
ML	> 36	ML	24
UHML	28	UHML	16
UI %	28	UI %	12
STREN	28	STREN	12
ELONG	8	ELONG	8
SL 50 %	36	SL 50 %	16
SL 2.5 %	32	SL 2.5 %	16
UR %	32	UR %	16
HVI Motion Control 3500		HVI Motion Control 3500	

Figure 30 : Nombres de mesures requises par échantillons pour atteindre la précision attendue des résultats (pince normale, étalonnage ICCS valide à l'époque).

B.1.8. L'efficacité de l'amélioration variétale est équivalente quelque soit la source des données : instruments classiques ou CMI (Spinlab® principalement).

L'efficacité comparée des deux types d'instruments pour la création variétale a été testées.

De manière globale, avec les modes opératoires mis en place et utilisés au LTC, le classement des variétés dans un effort d'amélioration variétale au vu des résultats CMI est comparable à celui obtenu à partir de données d'appareils classiques (Figure 31, Chanselme, Gourlot et al. 1996b; Gourlot, Vialle et al. 1996).

En revanche, la capacité de ces appareils à fournir des résultats plus rapidement que les instruments classiques a permis d'augmenter les quotas d'échantillons analysables alloués chaque année à nos partenaires pour l'amélioration variétale. Certaines études ont été étendues aux nouvelles générations d'instruments qui sont apparues sur le marché, et les résultats ont été présentés dans des conférences internes et internationales.

	CLASSIQUE		Z U S		M C I	
LONGUEUR 1	H2-784-32	A	H2-784-32	A	H2-784-32	A
	G 269-2	B	FK 3	A B	G 269-2	A B
	FK 3	B	G 269-2	A B	FK 3	A B C
	FK 1	B	FK 1	B C	FK 15	B C D
	F 153-14	C	STAM F	C D	STAM 42	C D
	STAM F	C	STAM 42	C D	FK 1	C D
	ISA 205 G	C	F 153-14	C D	STAM F	C D
	FK 15	C	FK 15	D	F 153-14	D
	STAM 42	C	ISA 205 G	D	ISA 205 G	D
LONGUEUR 2	FK 1	A	FK 1	A	FK 1	A
	H2-784-32	B	H2-784-32	B	H2-784-32	B
	FK 3	C	FK 3	C	STAM 42	B C
	G 269-2	C	G 269-2	C	G 269-2	C D
	STAM 42	C	STAM 42	C	STAM F	C D
	STAM F	C	STAM F	C	FK 3	D
	F 153-14	C	F 153-14	C	F 153-14	D
	ISA 205 G	D	ISA 205 G	D	FK 15	E
	FK 15	D	FK 15	D	ISA 205 G	E
UNIFORMITE	H2-784-32	A	FK 15	A	FK 15	A
	ISA 205 G	A	H2-784-32	A	ISA 205 G	A B
	G 269-2	A	ISA 205 G	A	G 269-2	A B
	FK 15	A	FK 3	A	FK 3	A B
	FK 3	A	G 269-2	A	H2-784-32	B
	F 153-14	B	STAM F	B	STAM F	C
	STAM F	B	F 153-14	B	F 153-14	C
	STAM 42	C	STAM 42	B	STAM 42	C
	FK 1	D	FK 1	C	FK 1	D
TENACITE	H2-784-32	A	G 269-2	A	H2-784-32	A
	G 269-2	B	H2-784-32	A	G 269-2	A
	ISA 205 G	C	F 153-14	B	F 153-14	B
	FK 1	C	ISA 205 G	B	FK 3	B
	STAM 42	D	STAM F	B C	STAM 42	B
	F 153-14	D	STAM 42	C D	STAM F	B
	FK 3	D	FK 3	C D	FK 15	B
	STAM F	D	FK 1	D	ISA 205 G	B
	FK 15	E	FK 15	D	FK 1	B
ALLONGEMENT	FK 3	A	FK 3	A	FK 3	A
	FK 15	B	FK 15	B	FK 15	B
	F 153-14	C	FK 1	B C	FK 1	C
	FK 1	C	F 153-14	C D	F 153-14	C D
	STAM F	D	STAM F	C D E	FK 1	D
	G 269-2	D	G 269-2	D E	G 269-2	D
	H2-784-32	D	STAM 42	D E	STAM 42	D
	STAM 42	D	H2-784-32	E	H2-784-32	D
	ISA 205 G	E	ISA 205 G	E	ISA 205 G	D
INDICE MICRONAIRE	FK 15	A	FK 15	A	FK 15	A
	ISA 205 G	A	ISA 205 G	A	ISA 205 G	A
	FK 3	B	STAM F	B	FK 3	B
	STAM F	B C	STAM 42	B C	STAM 42	B
	STAM 42	B C	FK 3	B C	STAM F	B
	G 269-2	C D	G 269-2	B C	G 269-2	B
	F 153-14	D	F 153-14	B C	H2-784-32	C
	H2-784-32	D	H2-784-32	C	F 153-14	C
	FK 1	E	FK 1	D	FK 1	D

Figure 31 : Comparaison du classement des variétés pour les différentes caractéristiques selon analyses classiques, Spinlab (ZUS) ou MCI.

B.1.9. La mesure de maturité-finesse est un meilleur indicateur de la forme des fibres que le micronaire.

Quelques études de mesure du complexe maturité-finesse par des méthodes expérimentales ont été tentées sans parvenir à des résultats utilisables. Par exemple, Chongrak KAEWPRASIT, doctorante du LTC, a tenté d'utiliser les méthodes BET d'adsorption de l'azote en couche mono-moléculaire sur les fibres de coton. Les expérimentations se faisant sous vide, il fallait assécher les fibres complètement ; n'y étant pas parvenus, les fibres 'dégorgeaient' sans cesse de l'eau, rendant la méthode inutilisable. La méthode d'adsorption au bleu de méthylène a donc été tentée et a apporté des résultats intéressants dans la relation existant entre cette adsorption et la finesse des fibres en particulier (Figure 32, Kaewprasit, Abidi et al. 1999b). Il faut cependant noter que les mesures étaient en interaction forte avec la teneur en eau des fibres (Figure 33, Abidi, Kaewprasit et al. 1999; Kaewprasit, Abidi et al. 1999a; Kaewprasit, Abidi et al. 1999b). Il aurait été possible d'étalonner les mesures rapides de

mesure de la finesse des fibres sur cette méthode expérimentale (Kaewprasit, Héquet et al. 2000), mais les conditions de réalisation étaient trop complexes et l'idée a été abandonnée.

Table 1 : Specific surface area in m^2g^{-1} and the values of its physical properties.						
S_{BM}	Cottons					
	B-26	C-36	D-5	E-4	G-17	I-26
S_{BM}	32.32	32.42	34.48	52.72	43.96	29.91
H						
gravimetric	139	165	153	134	144	216
FMT3	207	154	160	122	138	229
AFIS	151	138	137	126	135	165
Fibrograph (mm)	24.64	28.96	33.78	33.53	24.38	27.18
2.5%SL	24.64	28.96	33.78	33.53	24.38	27.18
50%SL	11.94	13.97	15.49	14.99	11.43	12.95
50/2.5 (%)	48	48	46	45	47	48
Maturity						
im	4.45	3.48	3.75	3.09	2.7	4.97
mr (M)	0.81	0.80	0.84	0.88	0.63	0.85
Tenacity						
stelometer	17.1	22.0	32.7	30.3	17.7	19.1

Figure 32 : Relation entre surface spécifique déduite d'une caractérisation par adsorption de bleu de méthylène et certaines caractéristiques technologiques de fibres de coton d'échantillons de certaines matières de référence ICCS.

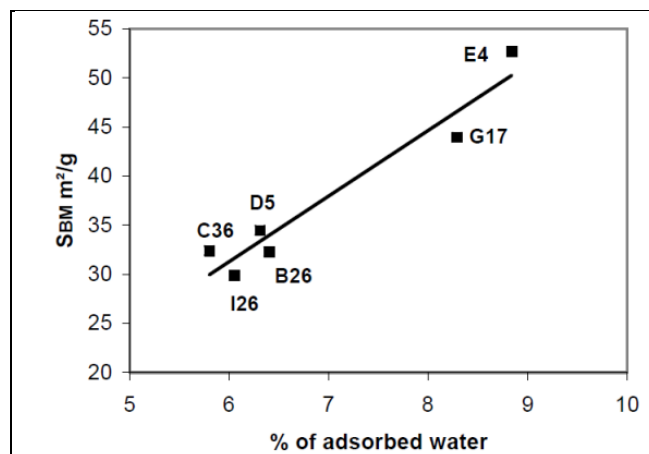


Figure 33: Relation entre surface spécifique et pourcentage d'eau adsorbée.

En outre, l'étude approfondie des principes, des conditions d'utilisation des résultats de maturité-finesse en amélioration variétale et des attentes techniques et financières des acteurs de la filière textile m'ont conduit à diffuser une note (13/10/1994) aux généticiens leur indiquant une 'zone de compromis acceptable' pour allier 'qualité' et revenu financier pour les planteurs (Figure 34).

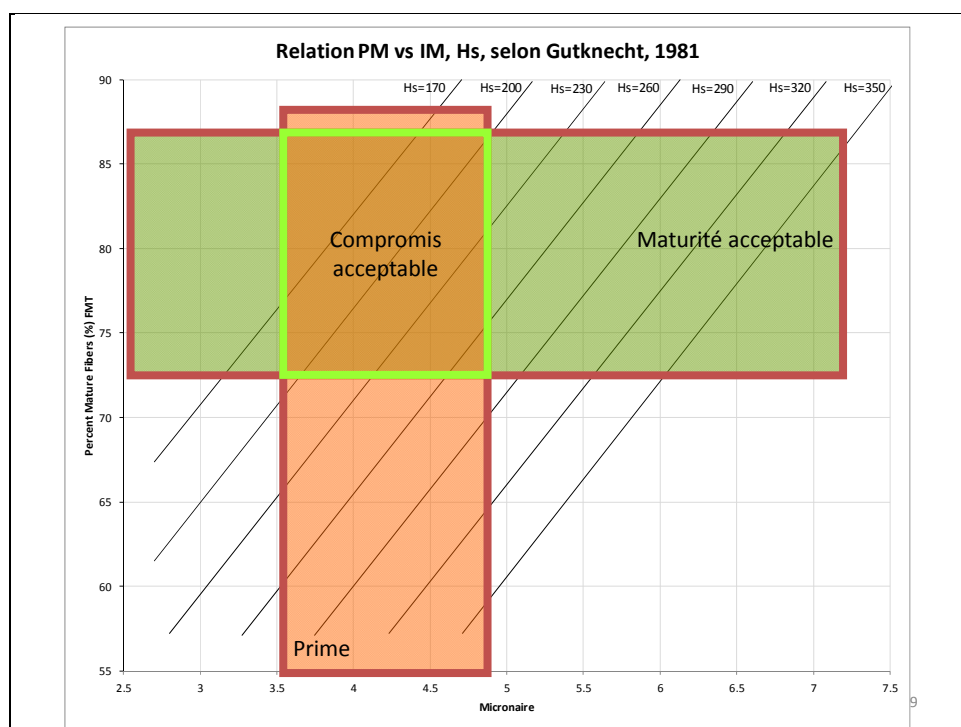


Figure 34 : Définition d'objectifs d'amélioration variétale en termes de maturité (PM%) et de finesse standard (Hs, mtex) des fibres en relation avec leur micronaire.

Nous avons tenté de travailler sur des analyses d'images de coupes droites de fibres dans le cadre d'un projet international (Valdeyron 2001). Cependant, malgré tout l'intérêt de cette méthode directe de mesure de la maturité, la difficulté du sujet et les moyens requis ne nous ont pas permis d'approfondir le sujet.

Cette thématique demeure d'une absolue importance pour le futur et pour améliorer la précision de la mesure de la ténacité des fibres, pour au moins comprendre l'impact de la distribution des tailles des pores des fibres sur la prise de teinture et l'ennoblissement des étoffes, et pour effectuer des pressions de sélection dans les programmes d'amélioration variétale.

B.1.10. Le fait que les échantillons commerciaux sont prélevés à l'emporte-pièce (sabot) ne change pas les résultats de leur caractérisation.

L'emporte-pièce tranchant qui prélève l'échantillon de fibres dans la balle de coton pour la caractérisation commerciale des fibres peut couper suffisamment de fibres en deux ou n parties ; cela pourrait affecter la distribution de longueur des fibres en présence et les résultats représentatifs de longueur. Ce point devait être vérifié car le LTC pratique beaucoup d'analyses sur des échantillons commerciaux.

J'ai isolé les seules fibres du pourtour des échantillons (choisis petits - environ 25 grammes alors que les échantillons commerciaux pèsent généralement 150-250 g - pour maximiser la quantité de fibres probablement coupées) où l'emporte-pièce a tranché la matière de celles du cœur de l'échantillon avant de les analyser sur CMI. La Figure 35 montre qu'aucun effet significatif sur la longueur des fibres ne peut être montré, même si l'analyse statistique appariée peut faire apparaître des écarts statistiquement significatifs (mais pas techniquement importants) pour certains échantillons. En effet, il semble que le nombre de fibres sectionnées est trop faible pour affecter significativement les résultats de mesure de longueur.

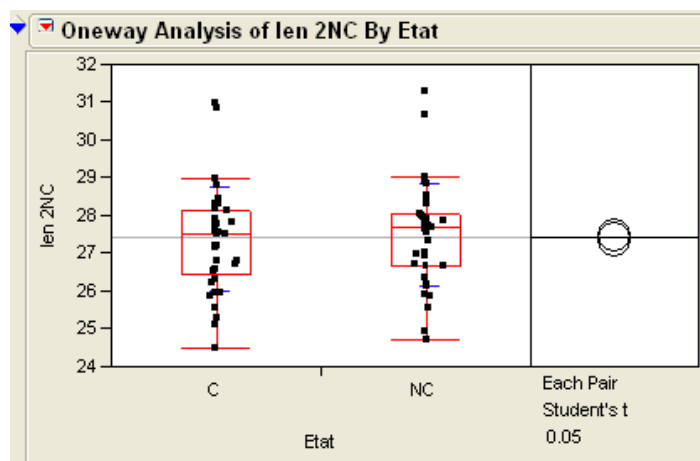


Figure 35 : Effet de la “coupe au sabot” des échantillons commerciaux sur la longueur commerciale (mm) des fibres de coton (C : coupé ; NC : non coupé).

B.1.11. Les valeurs de caractéristiques technologiques des matières de référence servant à l'étalonnage des appareils de mesure sont établies de manière fiable à chacun de leur renouvellement.

Je suis à l'origine d'une étude particulière qui a permis au LTC de devenir membre à part entière du comité qui établit les valeurs de référence des matières de référence (HVICC) servant à l'étalonnage des SITC, en plus de notre appartenance au comité qui établit les valeurs des matières de référence (ICCS) servant à l'étalonnage des appareils classiques (Gourlot 1993; Gourlot 1997).

Les tests sur appareils de mesure des caractéristiques technologiques des fibres de coton sont destructifs. Or, l'étalonnage des appareils nécessite les tests des matières de référence. Il s'ensuit que les matières de référence s'épuisent et qu'il est nécessaire de les renouveler régulièrement. C'est l'USDA-AMS qui est chargé par convention d'organiser le renouvellement de ces étalons, et pour cela, il compte sur 5-6 laboratoires internationaux pour l'aider dans sa tâche. L'USDA-AMS sélectionne les balles de fibres aux caractéristiques homogènes qui deviendront des étalons, en prélèvent des échantillons qui sont testés par les 5-6 laboratoires de référence. Sur la base de leurs résultats et de leur variabilité, une balle candidate peut ou non devenir une balle de référence dont les caractéristiques établies correspondent à la moyenne des évaluations faites par les 5-6 laboratoires. Notons que les 5-6 laboratoires utilisent des matières de référence de génération n pour établir les valeurs caractéristiques des balles candidates à la génération n+1.

En 1993 et 1997, sur la base de l'expérience acquise depuis 1982 par le LTC dans l'établissement des valeurs des matières ICCS pour les instruments classiques, je me suis interrogé sur le risque comparé de dérive qui pourrait être observé dans les résultats des standards ICCS (sous contrôle de 5-6 laboratoires internationaux et indépendants) et dans les résultats des standards HVICC (sous contrôle de 5-6 laboratoires nord-américains seulement à l'époque). Des expérimentations spécifiques ont été montées de manière à comparer les résultats de ténacité des fibres obtenus sur des 'échantillons' testés sur des appareils étalonnés avec des matières de référence de différentes générations. Notons que les 'échantillons' étaient également des matières de référence portant des valeurs reconnues. Le Stélomètre a été utilisé pour les cotons ICCS (base 100 en 1982), et la SITC Spinlab 900B pour les cotons HVICC (base 100 en 1989, Figure 36).

Les résultats² ont montré que les valeurs de référence de ténacité des standards ICCS ne dérivait pas au fil des années à cause de la pratique de report occasionné par l'utilisation de matières de génération précédente pour établir la génération actuelle. En revanche, une dérive estimée à 0.68 g/tex/an a été

² Ce genre de résultats ne peuvent pas être publiés, ou éventuellement dans des rapports de recherche (telle une thèse ou HDR). Ils ne peuvent être utilisés qu'en toute modestie et avec bonne volonté pour améliorer les systèmes qui leur ont donné naissance.

observée lors de l'expérimentation de 1993 sur les cotons HVICC. En 1995, plusieurs laboratoires internationaux (dont le LTC) ont été appelés à participer à l'établissement des valeurs de référence des matières HVICC, les faisant devenir 'universels' (U-HVICC). Le contrôle international semble avoir apporté une stabilisation de la dérive car elle a baissé à 0.48 g/tex/an sur la même période que les ICCS (10 ans) et quasiment nulle sur la dernière période (1993-1997). Ces travaux ont été à la source de mon travail de thèse décrit plus bas (paragraphe B.3.7). Une expérimentation est en cours pour vérifier si la dérive observée dans le passé, et qui s'est amoindrie à un moment, perdure ou non avec les aménagements organisationnels et techniques mis en place entre temps.

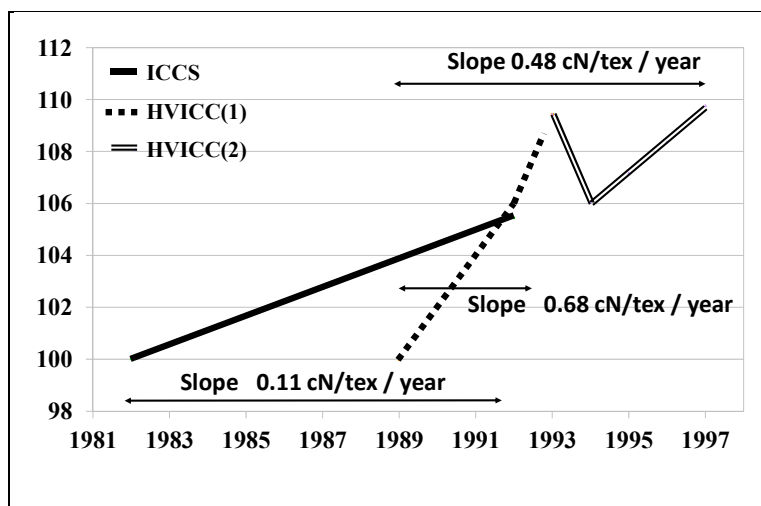


Figure 36 : Comparaison des dérives de valeurs de ténacité pour les cotons ICCS (base 100 en 1982) et HVICC (base 100 en 1989).

B.1.12. Pour résumer et éléments de perspective

Pour résumer, il a été montré que, sous conditions de précautions opératoires (conditionnement des échantillons, ouverture/homogénéisation des échantillons, respect des normes internationales pour les conditions d'ambiance du laboratoire, formation des personnels) et respect d'un mode opératoire (nombre de mesures en fonction du mode d'égrenage du coton-graine, choix des matières de références pour l'étalonnage des appareils), les SITC fournissent des résultats de précision et de justesse comparables aux instruments classiques. En conséquence pratique, depuis 1993, toutes les variétés créées par le CIRAD et ses partenaires ont été obtenues sur la base d'analyses par SITC en remplacement des instruments classiques (environ 1.000.000 hectares plantés chaque année). La même tendance de l'utilisation des CMI en amélioration variétale a été observée mondialement.

Les résultats de tous ces travaux ont conduit à la création de modules de formation pour les généticiens et les utilisateurs d'instrumentation de caractérisation des fibres. Des séances de formations ont été organisées pendant des années et certains supports sont encore utiles dans les formations encore programmées.

Eléments de perspectives : De nouvelles techniques de caractérisation de plus en plus fines apparaissent régulièrement, et il pourrait être utile de compléter les analyses SITC, devenues traditionnelles maintenant, par des analyses complémentaires. Il reste cependant que notre mission de formation et de développement des pays partenaires étant positive, nous observons qu'ils adoptent une partie croissante de nos connaissances et compétences ; en conséquence, ils deviennent autonomes et nécessitent donc moins notre connaissance et nos capacités d'analyse maintenant devenues traditionnelles. Il est temps d'évoluer dans notre programmation scientifique pour accumuler de nouvelles connaissances pour les leur apporter à terme.

B.1.13. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

Ces études et mises au point, organisées et mises en œuvre par mes soins, ont demandé l'analyse de centaines d'échantillons pour parvenir aux conclusions énoncées. Les analyses d'échantillons nécessaires pour prouver les conclusions précédentes et la définition des modes opératoires ont été conduites sous ma tutelle par les technicien(ne)s du LTC qui venait en appui aux programmes d'amélioration variétale.

Pour ce qui concerne les études de mise en relation des résultats d'analyse sur fibres et sur filés, j'ai coopéré pendant de longues années avec Richard FRYDRYCH. Je ne veux pas oublier tous les partenaires internationaux du CIRAD qui, grâce aux efforts qu'ils ont fournis dans leurs programmes d'amélioration variétale, ont permis de collecter les échantillons nécessaires à ces études.

J'ai conceptualisé SISTER en 1991 quand les LIMS (*Laboratory Information Management Systems*) n'existaient pas ; en plus de mon travail de suivi, de création du premier prototype, sa mise en place a nécessité plusieurs approches et versions logicielles qui ont été programmées sous ma supervision, puis par celle de Michel GINER, informaticien, avec l'appui de nombreux étudiants en informatique qui ont chacun apporté leur pierre au fil des années de développement de ce produit.

La démarche qualité, lancée sous mon impulsion, a nécessité l'appui de tous les agents de tous le LTC avec l'appui d'Assistants Qualité nombreux et l'appui de divers services et réseaux du CIRAD. Le test inter-laboratoires lancé en 1994 a pris fin à mon départ en expatriation en 1997.

Les expérimentations de mise au point de mode opératoire pour l'appareil MCI, globalement sous ma supervision avec l'appui de Jean-Luc CHANSELME, a fait appel plusieurs étudiants ingénieur d'écoles textiles.

Pour chacune des thématiques, je résumerai ces informations dans une Figure. La Figure 37 illustre les relations fonctionnelles et professionnelles pour la thématique actuelle B1. Dans ces figures, sont rappelés en haut les noms et les fonctions des personnes à qui je rendais des comptes. Sous l'intitulé 'relations fonctionnelles' apparaissent les noms des personnes que j'encadrais et dont j'avais la responsabilité. Sous l'intitulé 'relations professionnelles' apparaissent les noms de toutes les personnes avec qui des discussions scientifiques, techniques ou organisationnelles avaient lieu pour mener à bien mes activités.

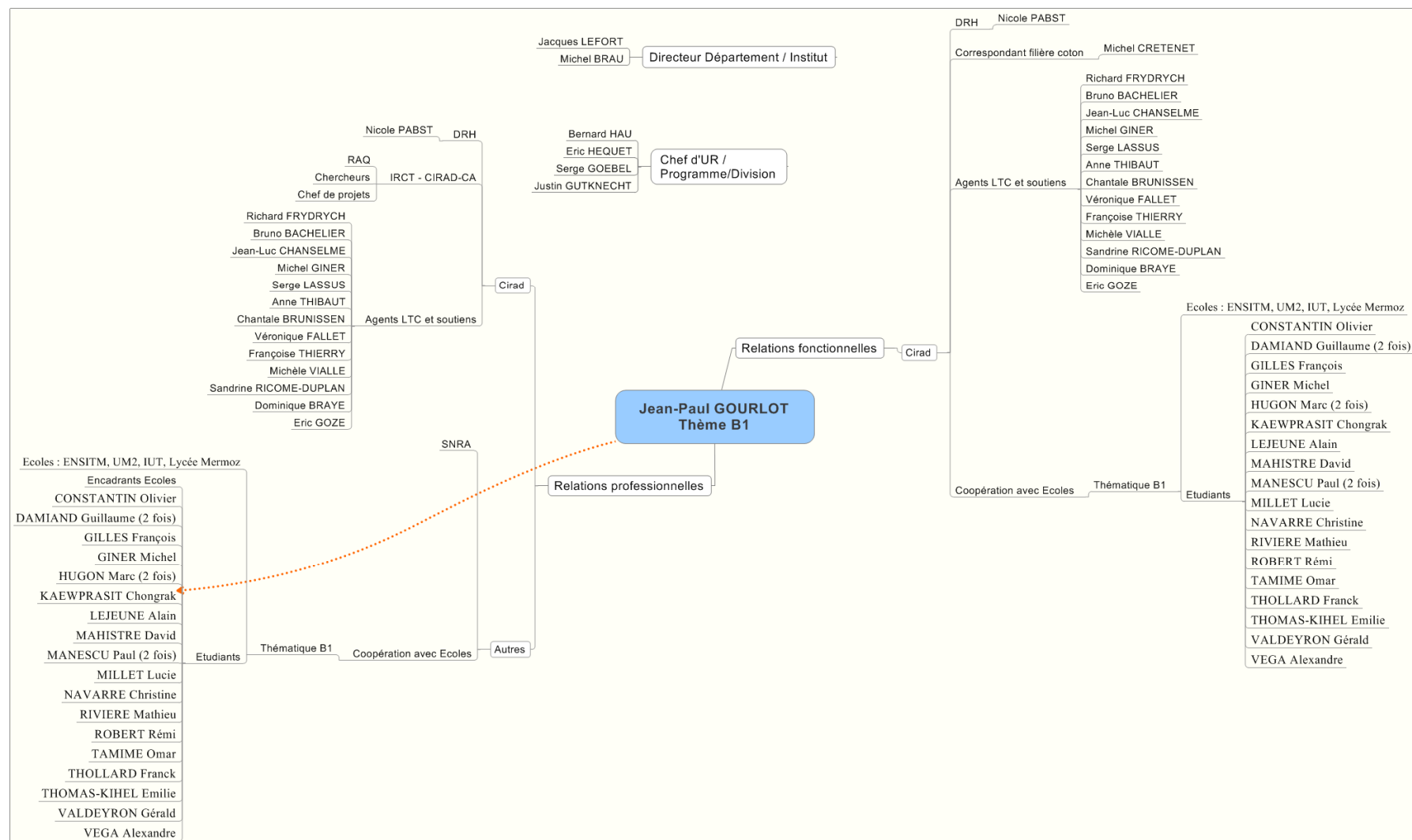


Figure 37 : Relations et coopérations pour la thématique B1.

B.2. Etude de l'influence de certains contaminants sur la filabilité des fibres de coton : cas des débris de coques de graines de cotonnier

Comme nous l'avons vu dans le Tableau 2, des essais en micro-filature sont généralement réalisés sur des échantillons de fibres à partir des essais variétaux multi locaux (EVM). A la fin des années 1980, sur la base des résultats de régularimétrie, Richard FRYDRYCH a constaté que le nombre de neps dans les fils augmentait. Dans le même temps, les filateurs sont devenus plus exigeants du fait de l'augmentation des vitesses de transformation des fibres en filés, et toutes les imperfections, ou pollutions devaient être bannies (Frydrych 2002).

Lors de ses analyses, Frydrych s'est rendu compte que différents défauts étaient/sont comptabilisés par le régularimètre sous le terme de neps. En utilisant la possibilité des régularimètres à s'arrêter sur chaque défaut, Frydrych s'est constitué une matrice de catégorisation de ces neps (Figure 38). Sur cette base, les échantillons en provenance des programmes d'amélioration variétale ont été testés. Une catégorie particulière de neps se détachait par le nombre d'imperfections constatés dans les fils : les débris de coque de graine (*seed-coat fragment*, SCF) de cotonnier dans les échantillons de fibres.

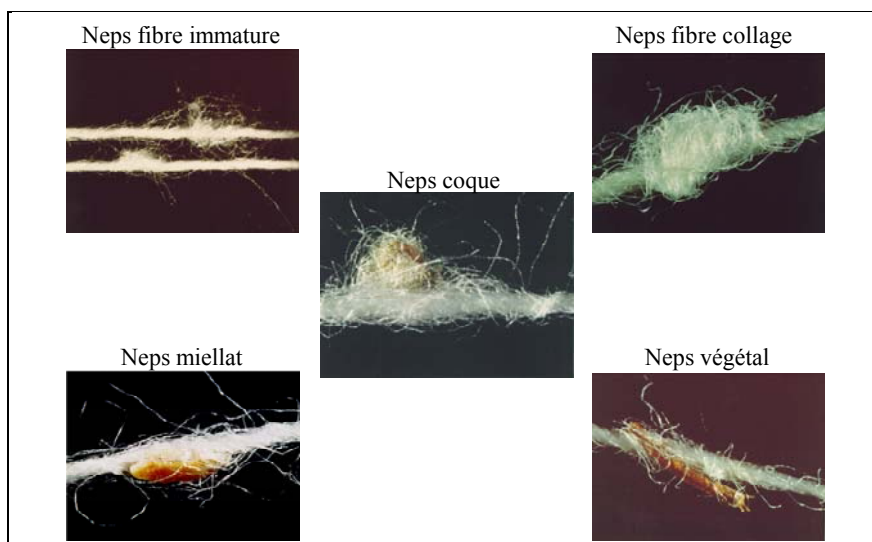


Figure 38 : Catégorisation CIRAD des 'neps' dans les filés de fibres de coton (Frydrych 2002).

Pour faciliter et accélérer le dénombrement des SCF, Frydrych a eu l'idée de réaliser des plaquettes de filés (Figure 39), de les photocopier dans des conditions contrôlées, et d'y comptabiliser le nombre de SCF. Frydrych a défini toutes les conditions de réalisation des filatures pour rendre tous ces comptages comparables afin d'appliquer une pression de sélection variétale. Cette méthode a été utilisée pendant quelques années.

Bien que disposant d'un outil efficace de caractérisation pour l'amélioration variétale, cette caractérisation intervenait dans les essais variétaux multi locaux, c'est-à-dire tard dans le processus d'amélioration variétale du fait des quantités de fibres nécessaires aux tests. Aussi, le choix variétal ne se faisait qu'entre une dizaine de variétés en tests dont la variabilité en teneur en SCF était faible. Afin d'être plus efficace, il est apparu nécessaire de débiter la caractérisation des SCF le plus tôt possible dans le processus de sélection variétale, quand les génotypes commencent à se stabiliser après les croisements (lignée F5), soit 3 ou 4 années en amont des essais variétaux multi locaux, à un moment où la variabilité est plus importante et où la sélection est la plus efficace.

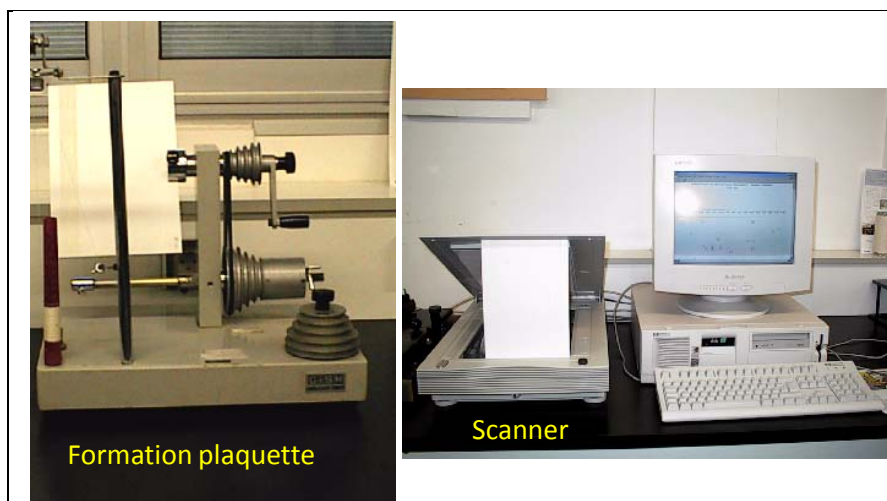


Figure 39 : Enroulement de filés sur planchette et exemple d'outil Trashcam / CATI (Cliché Gourlot-Frydrych).

Des voiles de carte d'échantillons de fibres des lignées F5 ont été formés pour être photocopiés, et tous les points foncés ont été considérés comme des SCF et comptabilisés sous l'hypothèse que la mini-carte de laboratoire retire toutes les imperfections sauf les SCF. Les essais ont cependant montré qu'un effet opérateur existait ; en effet une même personne ou deux personnes différentes ne comptabilisaient pas le même nombre de SCF à chaque comptage d'un même voile de mini-carte.

Le développement de l'informatique, mon intérêt pour l'analyse d'image et mon intérêt à encadrer des étudiants (BTS, DUT, Master ou ingénieur) pour effectuer des développements matériels et méthodologiques m'ont permis d'intégrer cette thématique à ce moment-là.

Avec la même approche générale que celle décrite en Figure 19, mes recherches m'ont conduit à tester les hypothèses suivantes conduisant à terme à l'étude de l'influence des SCF sur la filabilité des fibres :

- L'outil d'analyse d'image Trashcam/CATI développé au CIRAD peut caractériser efficacement et de manière reproductible la teneur en SCF d'échantillons de fibres à l'étape de sélection variétale F5 (B.2.1).
- Trashcam/CATI peut mieux détecter les SCF que d'autres techniques de mesure (B.2.2).
- Les nombres de SCF issus des analyses d'échantillons par Trashcam/CATI permettent d'appliquer une pression de sélection efficace sur la teneur en SCF des variétés créées (B.2.3).
- Les nombres de SCF et leurs caractérisations issus des analyses d'échantillons par Trashcam/CATI permettent de prévoir le comportement en filature des fibres de coton (B.2.4).

Chacun de ces sujets est traité succinctement ci-après en rappelant l'hypothèse (le titre), quelques éléments de méthodes et finalement le résultat majeur. Enfin, les modalités organisationnelles et financières, et les coopérations internes et externes qui ont permis ces activités seront citées.

B.2.1. L'outil d'analyse d'image Trashcam/CATI développé au CIRAD peut caractériser efficacement et de manière reproductible la teneur en SCF d'échantillons de fibres à l'étape de sélection variétale F5.

La création de l'outil Trashcam/CATI (*Counting Apparatus for all Types of Impurities*) fut réalisée en plusieurs étapes que nous ne décrivons pas ici. Chaque version matérielle et/ou logicielle d'outils de dénombrement de SCF dans des voiles de fibres (format A4 ou A3), dans des nappes de fibres (accumulations de voiles au format A4 ou A3) ou sur des plaquettes de filés a requis de contrôler les trois actions de base que sont la préparation des échantillons, la capture des images, et le traitement des images de manière à y dénombrer et y caractériser (taille, forme, 'couleur') les SCF présents.

Afin de nous permettre d'analyser des surfaces de voiles ou de nappes de fibres de surface supérieur au format A4 ou A3, nous nous sommes fixés l'objectif de réaliser les analyses à la déroulée,

contrairement aux logiciels existants dans les CMI pour le comptage des déchets végétaux. Cela a nécessité de mettre en place un algorithme spécifique reposant sur l'évolution d'un curseur de dimension variable sur le relief des niveaux de gris pour Trashcam de chaque ligne de données de l'image en cours de traitement. Sur cette ligne, dès que le curseur 'penche' plus que permis en comparaison à un seuil paramétrable, une impureté est 'ouverte' ; selon d'autres paramètres réglables, on 'ferme' l'impureté sur cette ligne, et on continue l'analyse de la ligne avant de passer à la suivante (Figure 40, Gourlot, Frydrych et al. 1995a; Gourlot, Frydrych et al. 1995b; Gourlot, Giner et al. 1997; Gourlot, Héquet et al. 1998). Pour l'analyse à la déroulée, il suffit ensuite de raccorder les informations des objets détectés dans les lignes précédentes à ceux de la ligne actuelle pour déterminer les caractéristiques de chacun des objets détectés, et pour les comptabiliser à la fin de l'analyse.

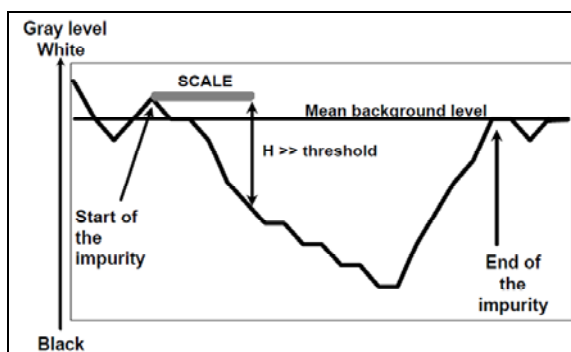


Figure 4: Detailed description of a line in the image showing a SCF. analyse with algorithm V2.

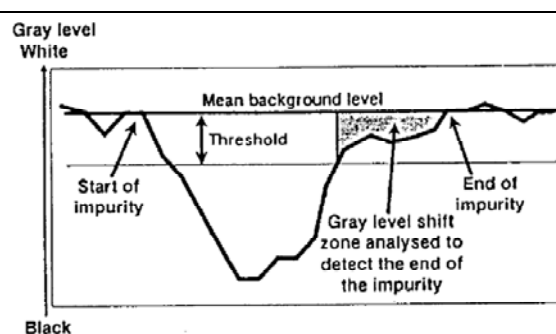


Figure 5: Detailed description of an image line: Processing of a gradual gray level shift.

Figure 40 : Principe utilisé pour détecter les impuretés dans Trashcam V2-V3.

Rappelons qu'une hypothèse forte de l'analyse Trashcam est que les images sont obtenues sur des voiles ou des nappes de fibres réputés uniquement chargés en SCF et complètement déchargés de toutes les autres impuretés du fait de leur préparation à la mini-carde. Or, il est apparu peu à peu que d'autres déchets étaient intégrés dans les voiles ou les nappes d'une part, et qu'une utilisation de Trashcam ne pouvaient pas être étendue dans les laboratoires des partenaires car la mini-carde n'est plus fabriquée d'autre part. Un autre ouvrier/préparateur de fibres, au nettoyage probablement moins efficace que la cardé, doit être développé/utilisé ; il faudra donc isoler les SCF des autres objets présents dans les images.

La stratégie a donc été de développer CATI, où les images sont acquises en couleur sur des échantillons pouvant être préparés par un autre moyen que la mini-carde. L'hypothèse de la seule contamination des voiles par les SCF n'étant plus vraie, il a en effet fallu améliorer l'algorithme pour permettre :

- Une meilleure prise en compte du fond de l'image ; alors que Trashcam travaillait sur images en 256 niveaux de gris sur un fond local limité à une ligne d'image, CATI travaille sur des images en millions de couleurs sur un fond local d'image de taille paramétrable (plusieurs pixels en longitude et en latitude autour du pixel en cours d'analyse) ou un fond global (toute l'image). La possibilité d'analyse à la déroulée peut être conservée si on utilise un fond local tel qu'il comprenne la ligne en cours d'analyse comme dernière ligne observée.
- L'amélioration de l'utilisation de paramètres morphologiques des objets trouvés pour catégoriser les objets trouvés dans l'image.
- La prise en compte de la couleur des objets (analyse en TSL ou RGB au choix) pour les catégoriser.
- La possibilité d'acquérir les images par une caméra ou par un scanner à plat ou un scanner – ligne.
- La possibilité de catégoriser les objets uniquement sur leur couleur dominante dans le cas d'une utilisation telle qu'analyse de surface foliaire ou détection de maladie sur les feuilles par exemple.

- Le changement de contexte d'application de CATI (voile, nappe, planchette de filés, surface foliaire, détection de maladie dans les feuilles de plante, ...) par le simple choix d'un fichier contenant tous les paramètres à prendre en compte.

Tous ces développements logiciels se sont accompagnés de la définition des conditions opératoires (préparation de l'échantillon, conditions de prises d'image, réglages logiciel) qui assurent la répétabilité des résultats. Cependant, il a fallu faire face à deux difficultés :

- Jusqu'alors, nous avons étudié des grandeurs continues (longueur, micronaire, ténacité, ...) dans des échantillons, où les résultats sont généralement raccordés à des lois de distribution Normales / Gaussiennes. Or, lorsque l'on parle de dénombrement d'objets, on raccorde généralement les résultats à des distributions sur-dispersées de type Poisson par exemple. Dans ce cas, des transformations de données sont nécessaires (racine, logarithme, ...) pour interpréter et percevoir les résultats issus de dispositifs expérimentaux, alors que les utilisateurs préfèrent généralement utiliser des données simples. Les modes opératoires mis en place tentent de concilier ces positions opposées.
- Alors que nous prenions des méthodes instrumentales classiques comme référence dans les études sur les CMI, les études de dénombrements de SCF devaient se baser sur des évaluations 'à dire d'expert'. Cet expert est celui qui observe les voiles ou les nappes de fibres, les images en niveaux de gris ou en couleur qui en sont issues (attention aux manipulations qui risquent de modifier les aspects des voiles et les nombres de débris présents) pour en déduire un nombre de SCF présents. Ce facteur de variabilité ajouté au fait qu'il s'agit de comptages a nécessité une adaptation forte et l'acquisition de nouvelles compétences en statistiques.

En fin de compte, il a été démontré qu'il faut des conditions de couleur des échantillons testés dans des limites de couleur de coton acceptable (Figure 41, en haut à droite) : un tel choix nous a permis de tenir compte de l'éventuelle interaction qui peut exister entre la couleur du coton, celle des SCF et la qualité de l'image acquise. D'après les statistiques de l'USDA en 1996, les caractéristiques colorimétriques des échantillons acceptables pour une analyse par Trashcam / CATI représentent plus de 98% de la production américaine des cotons 'moyenne et courte soie' en 1995. Pour les cotons ayant des paramètres de couleur situés en dehors de ces limites (moins de 2%), les paramétrages pourraient nécessiter certaines modifications.

La Figure 41 illustre le fait que, avec les modes opératoires mis au point au LTC, la répétabilité des mesures Trashcam ou CATI sont élevées et que les comptages correspondent bien avec les comptages 'à dire d'expert' sur des échantillons en provenance des lignées F5 des programmes d'amélioration variétale. Ces niveaux de correspondances entre comptages se sont encore améliorés quand la caméra a été remplacée par un scanner à plat où l'illumination de l'échantillon est rendu nettement plus uniforme.

Sur la base du travail de Krifa pendant son DEA et sa thèse (Krifa, Gurlot et al. 2001b; Krifa, Gurlot et al. 2001a; Frydrych 2002; Krifa, Gurlot et al. 2008), nous avons également comparé les comptages visuels et les comptages Trashcam sur des filés (Figure 42) : les comptages correspondent avec une très bonne corrélation entre les deux comptages.

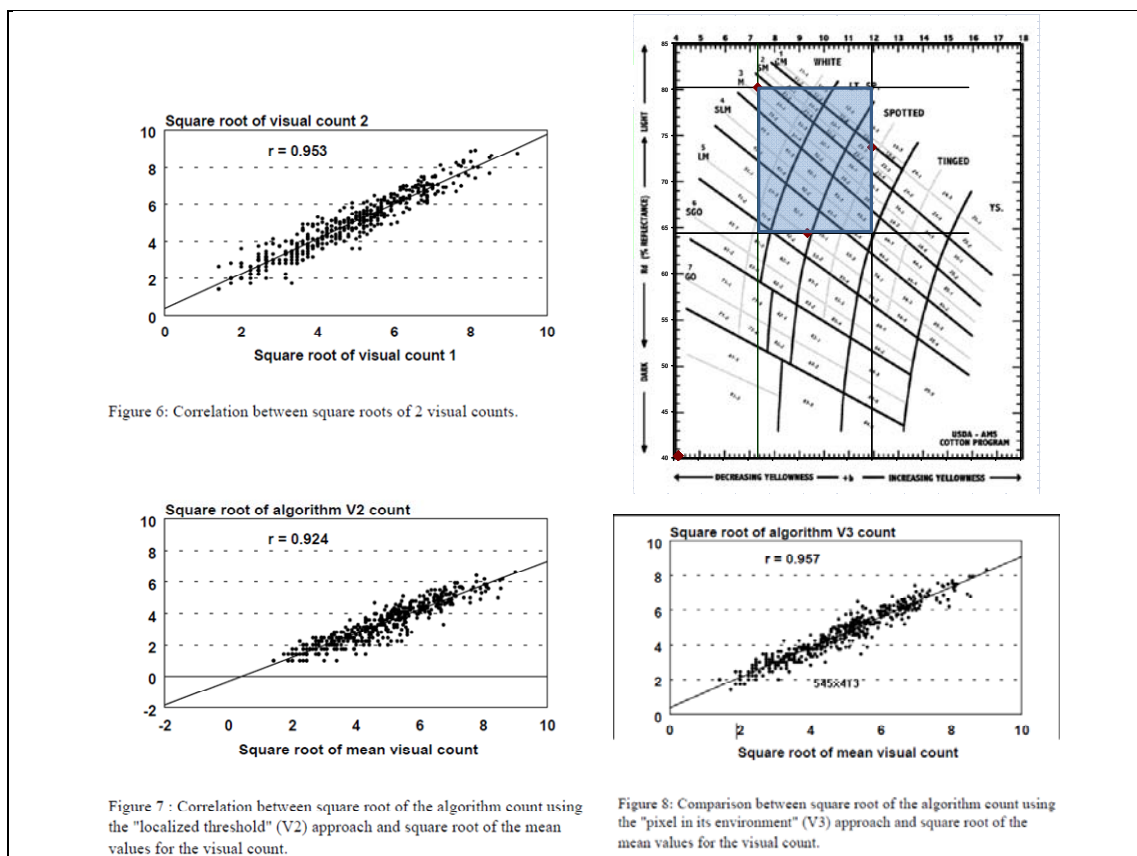


Figure 41 : Comparaison des comptages visuels vs visuels, Trashcam V2 vs visuels, et TrashcamV3 vs visuels (basé sur 440 images obtenues par une caméra). En haut à droite, le cadre représente la zone (en bleu) de couleur acceptable des cotons pour une analyse Trashcam / CATI sans changement de paramètres.

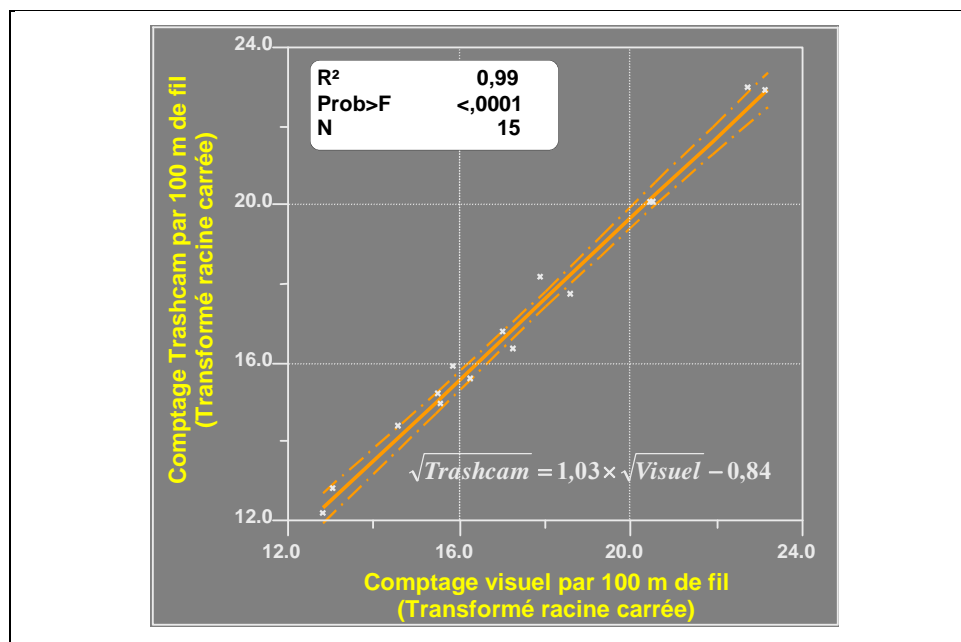


Figure 42 : Comptages Trashcam vs comptages visuels sur filés (Krifa 2001).

B.2.2. Trashcam/CATI peut mieux détecter les SCF que d'autres techniques de mesure.

Krifa (Krifa 2001), dans son travail de thèse, a comparé les comptages de SCF dans 19 cotons à deux étapes de la transformation des fibres en filés : avant et après cardage. Cette comparaison s'est faite sur la base d'analyses d'échantillons sur deux appareils : AFIS® et Trashcam (Figure 43).

Plusieurs conclusions peuvent être tirées de cette étude :

- Les nombres de débris de coques comptés par AFIS (SCN) sont nettement inférieurs aux nombres de SCF comptés par Trashcam, quelle que soit l'étape de prélèvement des échantillons.
- Les nombres de débris de coques comptés par AFIS (SCN) après cardage sont inférieurs à ceux comptés avant cardage. On peut en déduire que la cardé retire les SCF de la matière.
- Les nombres de débris de coques comptés par Trashcam (SCF) après cardage sont souvent supérieurs à ceux comptés avant cardage. On peut en déduire que certaines matières sont nettoyées. En revanche, pour d'autres matières, le nombre de SCF a augmenté, indiquant une certaine fragmentation des SCF présents dans la matière brute, ce qui peut être démontré par l'analyse de la distribution des tailles de SCF (Figure 44).
- Indirectement, on peut comprendre pourquoi les nombres de SCF selon AFIS sont moins nombreux que ceux selon Trashcam : le constructeur d'AFIS indique que les objets de taille inférieure à 0.5 mm² sont comptabilisés dans une autre catégorie d'impuretés.

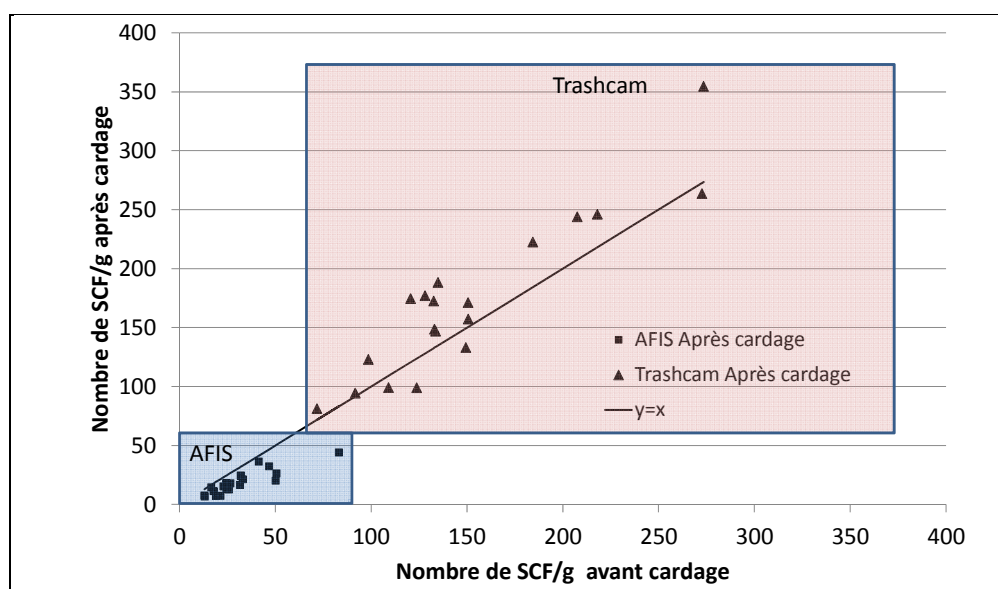


Figure 43 : Comparaison des comptages AFIS et Trashcam, avant et après cardage des échantillons (à partir des données de Krifa 2001).

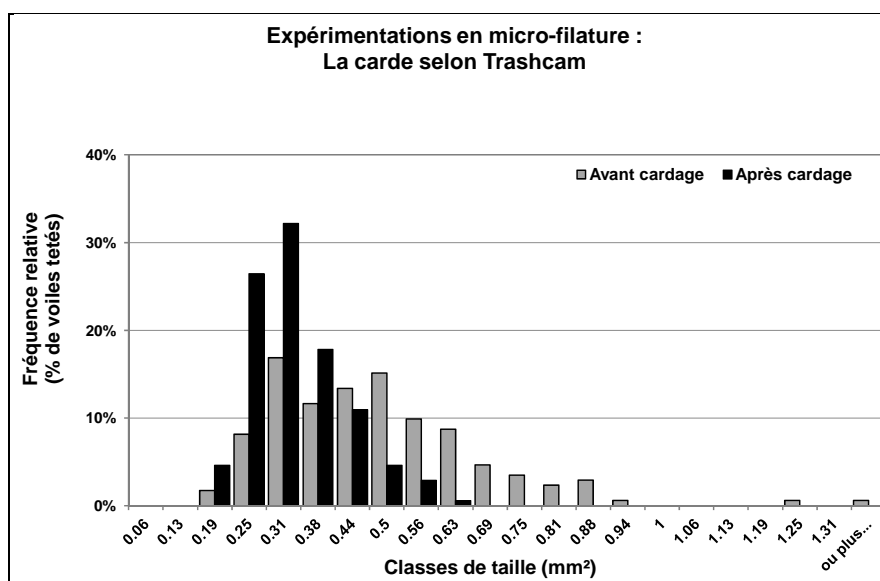


Figure 44 : Evolution de la distribution de tailles des SCF selon Trashcam entre avant et après cardage (Krifa 2001).

Dans sa thèse, Bachelier a également montré l'effet du type de filature sur la teneur en SCF des filés 20 tex : à partir de l'étirage, il n'y a plus de nettoyage des fibres en filature classique alors que le briseur de la machine à bouts libérés (OE) les nettoie. Ainsi, les comptages Trashcam sur plaquettes de filés montrent des comptages inférieurs pour les filés OE (Figure 45, Bachelier 1998).

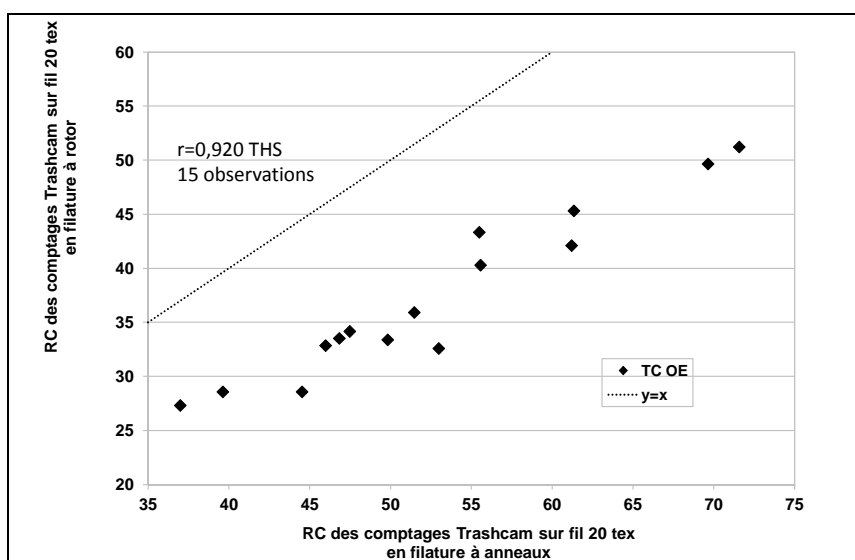


Figure 45 : Effet du type de filature (OE vs anneau-curseur) sur la teneur en SCF vue par Trashcam dans les filés 20 tex (Bachelier 1998).

De toutes les études entreprises, nous en avons conclu que Trashcam serait l'appareil de caractérisation le plus adapté à des études fines en technologie et pour appliquer une pression sur le critère 'contenu en SCF' en amélioration variétale.

B.2.3. Les nombres de SCF issus des analyses d'échantillons par Trashcam/CATI permettent d'appliquer une pression de sélection efficace sur la teneur en SCF des variétés créées.

J'ai repris la direction du LTC au moment où Bachelier a préparé une thèse que j'ai encouragée et qui a permis des recherches explicatives sur l'origine des débris de coque, sur leur forme et leur morphologie, et sur l'étude de la possibilité d'utiliser Trashcam en amélioration variétale. Comme

cette thèse s'inscrit dans la continuité des travaux que nous avons entrepris au LTC, j'évoque ici quelques-uns de ses résultats les plus marquants pour montrer la portée de nos résultats.

Un des résultats (Figure 46) est une description morphologique de la coque d'une graine de coton. Avec cette information, il a été possible de montrer que les SCF provenaient principalement de la chalaze de la graine (la partie arrondie de la graine), endroit le plus fragile de la coque de la graine. Dès lors, l'opération d'égrenage qui consiste à tirer sur les fibres pour qu'elles se rompent au niveau de leur pied, situé au ras de la coque, peut provoquer des ruptures de la coque, qui est alors entraînée avec les fibres.

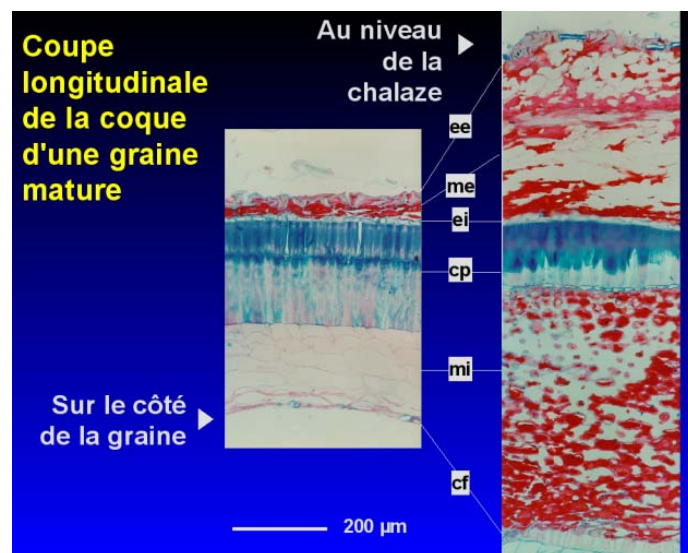


Figure 46 : Coupe longitudinale d'une graine mature (ee = épiderme externe ; me = mésophylle externe ; ei =épiderme interne ; cp =couche palissadique ; mi =mésophylle interne ; cf = couche frangée) (Bachelier 1998).

Bachelier rappelle que « la sélection variétale est une voie retenue pour réduire le nombre de SCF dans la fibre. L'observation histo-cytologique de graines, bien qu'expliquant la rupture différentielle de la coque selon les variétés, ne peut pas constituer un outil de sélection vis-à-vis de ces impuretés. En revanche, leur comptage par l'analyse d'image d'un voile de fibre apparaît bien adapté aux contraintes de la sélection. Fournissant une bonne prévision du nombre de neps coque sur fil, il permet également d'appréhender les nombreux facteurs influant sur la formation des fragments de coque. Les travaux réalisés confirment notamment le rôle de la variété, des conditions environnementales et de transformation sur la variabilité de ce caractère. Dans l'optique d'une sélection dirigée contre ce dernier, l'existence d'une interaction entre variétés et type d'égrenage conduit à recommander l'utilisation précoce d'égreneuses à scies. L'étude du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre révèle des effets de réciprocité marqués et sa faible héritabilité individuelle. Néanmoins, l'existence d'une variabilité phénotypique élevée autorise des gains génétiques notables. Dans la pratique, une réponse significative a ainsi été obtenue par sélection divergente et les lignées produites (Figure 47), améliorées pour ce caractère, fourniront à moyen terme une solution variétale aux préoccupations du développement. Parallèlement, une sélection massale (qui consiste à ne garder que les meilleurs individus à chaque génération) contre les fragments de coque, initiée à partir d'une variété prometteuse, pourrait apporter une réponse à court terme. » (Bachelier 1998).

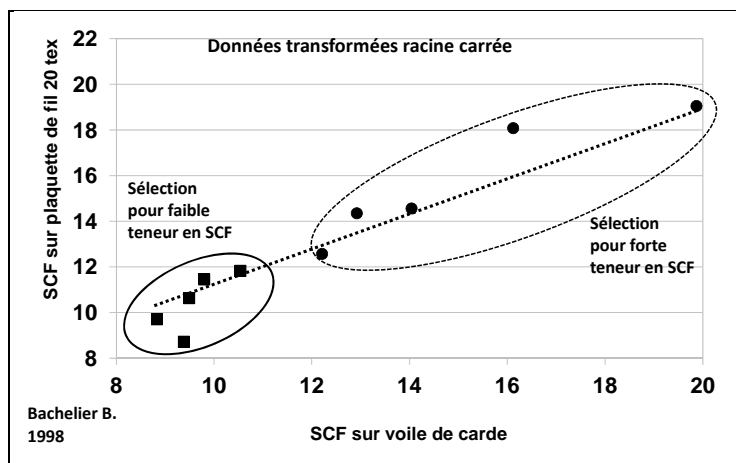


Figure 47 : Efficacité de sélection sur la teneur en SCF des variétés (Bachelier 1998).

B.2.4. Les nombres de SCF et leurs caractérisations issus des analyses d'échantillons par Trashcam/CATI permettent de prévoir le comportement en filature des fibres de coton.

Jusque là, nous avons vu que les filateurs sont sensibles à la présence de SCF dans les fibres, qu'il est possible d'en caractériser le nombre dans les fibres de coton, que l'égrenage en interaction avec la fragilité des coques de graine en sont responsables entre autres facteurs agronomiques, et qu'une pression en amélioration variétale peut en réduire le nombre. Suite à ses travaux, Krifa (Krifa 2001) a étudié l'impact des SCF sur les caractéristiques et la morphologie des filés.

Dans des conditions opératoires spécifiques dont les résultats ont été validés, Trashcam a permis la détection et la mesure de la taille de la gamme complète des fragments de coque présents dans les échantillons de fibres et sur les plaquettes de filés RS et OE. Pour compléter cette caractérisation, Krifa a adapté une méthodologie originale à partir d'un outil de mesure de longueur racinaire à la mesure de la longueur des fibres attachées aux débris de coque, caractéristique n'ayant jamais été mesurée auparavant (Figure 48). Les outils commerciaux habituels du LTC (régularimètre capacitif et AFIS) ont également été utilisés dans ces expérimentations.

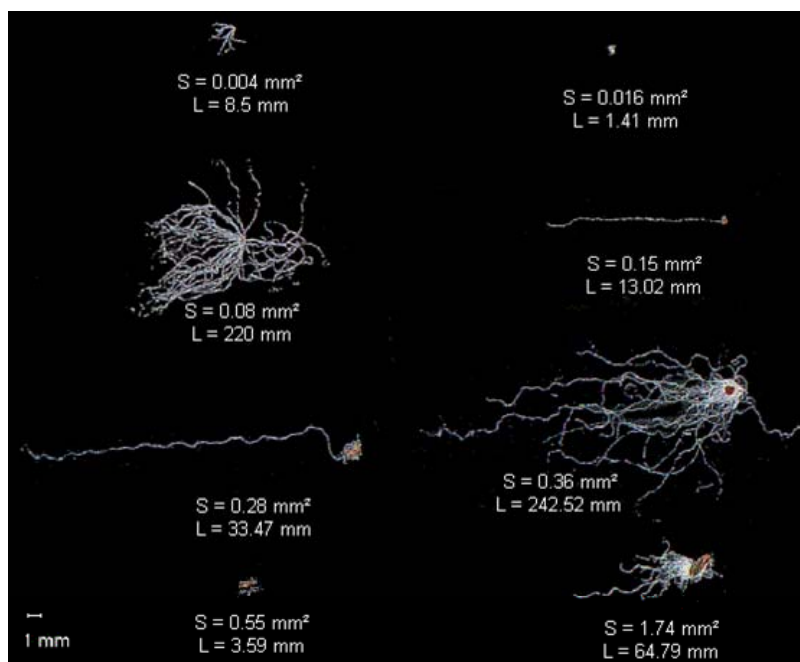


Figure 48 : Illustration de la diversité des types de SCF dans les fibres (Krifa 2001).

Ces différentes méthodologies ont ensuite été mises en œuvre à travers différentes approches expérimentales afin d'étudier les phénomènes liés aux fragments de coque. Nous avons déjà vu que le cardage affecte le nombre et la distribution de tailles des SCF dans les fibres (Figure 43 et Figure 44). Krifa a montré que la longueur de fibres attachées au SCF a permis d'expliquer la différence de nettoyage opéré par la carde. Ainsi, plus la quantité de fibres attachées est élevée, plus l'aptitude de la carde à éliminer des SCN (appellation de AFIS) baisse. En outre, le phénomène de fragmentation observé au cardage est prédominant par rapport à l'action de nettoyage et induit une accumulation des SCF de petite taille plus difficile à éliminer par les chapeaux de carde.

Après cardage, la totalité des fragments de coque présents dans la fibre se retrouve dans le fil RS. En revanche, le briseur de l'OE introduit une élimination et une fragmentation supplémentaires des débris de coque. Une fois dans le fil, les débris de coque peuvent se manifester de différentes manières en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques et de leur position par rapport à la structure du filé. Ainsi, les SCF contribuent à la création de tous les types d'imperfections du fil (défauts courts et défauts longs). En outre, les SCF prennent d'autant plus d'importance relative, dans la création des défauts, que les fibres sont longues et fines.

Krifa a également montré un effet significatif varié de la présence des SCF en fonction de la qualité des fibres sur la résistance du filé. En effet, les fragments de coque n'ont d'effet sur la charge spécifique à la rupture du fil que s'ils constituent localement le point de moindre résistance dans l'éprouvette testée (Figure 49).

De ce fait, Krifa montre que « l'influence de ces impuretés sur la résistance dépend de la présence ou non d'autres points faibles de la structure du fil pouvant avoir une résistance inférieure à celle du point provoqué par le SCF. Cet effet dépend donc de la qualité générale de la structure du filé, elle-même en grande partie dépendante des caractéristiques des fibres mais aussi des conditions de filature ». Les mêmes conclusions sont valides dans une moindre mesure pour les filés OE du fait de l'individualisation et du nettoyage des fibres apportés par le briseur.

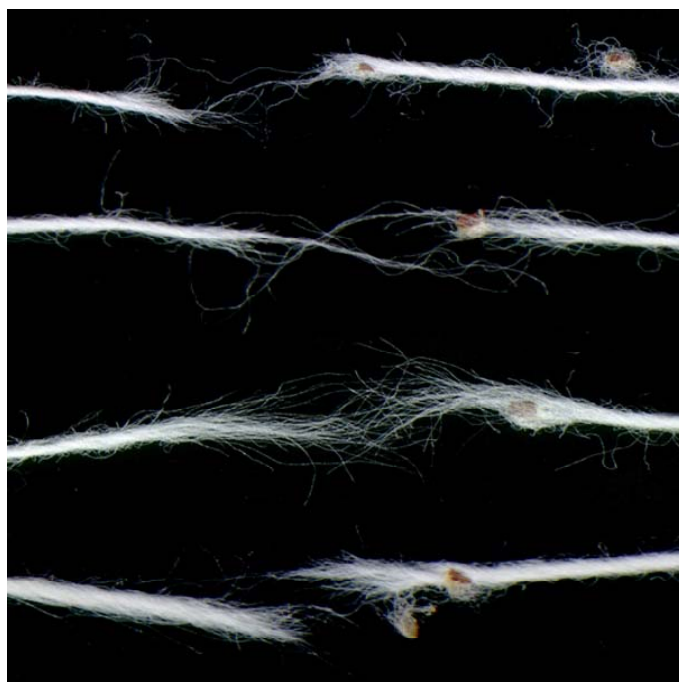


Figure 49 : Exemple de rupture de filés à proximité de SCF dans les filés (Krifa 2001).

Le régularimètre détecte d'autant plus facilement les SCF qu'ils sont de grande masse, celle constituée par celle de la coque ajoutée à celle des fibres attachées. Les SCF seront également détectés quand ils sont au cœur des filés car, ils induisent des perturbations plus importantes que ceux se trouvant à leur périphérie, causant en conséquence des changements importants dans la résistance de filés.

B.2.5. Pour résumer et éléments de perspective

Les débris de coque (SCF) sont une des contaminations des fibres de coton. Ils sont créés pendant l'opération d'égrenage et proviennent d'une partie de la coque de la graine plus fragile. Ils occasionnent des imperfections courtes et longues dans les filés RS et OE quels que soient leurs titres.

Il a été montré que Trashcam / CATI assure une détection plus complète, sinon exhaustive, des débris de coque visibles dans la matière et peut fournir plus de précision sur la variation de leur distribution de taille. Le choix de Trashcam permet en outre de se référer à une définition normalisée des débris de coque.

Il a été montré que Trashcam / CATI est une méthode de caractérisation efficace en amélioration variétale et en compréhension des phénomènes engendrés en filature.

Pour aller plus loin, Krifa indique que « toute action visant à remédier au problème des SCF, y compris la sélection variétale, doit s'intégrer au sein d'une vision globale de la qualité : produire des fibres de bonne qualité, en fabriquer un fil de la meilleure qualité possible en veillant à optimiser les conditions de transformation et à préserver les caractéristiques des fibres au cours des opérations ».

Eléments de perspectives : Il semble que le problème des SCF a perdu de son intensité, même si les enquêtes bisannuelles de l'ITMF comptabilisent encore cette contamination comme importante. L'observation sur le long terme m'incite à penser que la présence de SCF dans les fibres a servi de prétexte pendant un temps pour négocier les prix des matières premières à la baisse. Ainsi, beaucoup de transitaires, de contrôleurs et/ou de filateurs disposent maintenant d'AFIS qui, même s'ils tronquent la distribution des tailles des SCF, permet de maintenir une pression sur les fournisseurs. Les perspectives citées par Krifa semblent toujours valides ; pour ce qui concerne le contrôle du fractionnement des SCF ou la position du SCF dans le fil, ces activités me semblent maintenant relever davantage des fabricants d'appareils de mesure ou de production seuls ou en association avec la recherche publique que par cette dernière uniquement.

Note complémentaire :

Trashcam / CATI a été installé chez *Cotton Incorporated*, Cari, Caroline du Nord, et International Textile Center, Lubbock, Texas pour des études croisées. James Simonton, en partie sur la base de données collectées sur Trashcam / CATI a soutenu une thèse à l'université *Texas Tech University* non citée dans la partie 1 de ce document ni dans la Figure 51.

Grâce à un projet financé dans le cadre d'un accord Afrique du Sud – France, la dernière version de CATI, détectant des objets dans des images en couleur, a été adaptée à la détection de fibres de laine foncée dans des échantillons de bourre de laine 'claire' (Figure 50). Cela m'a permis d'encadrer deux étudiants supplémentaires non indiqués dans la liste de la partie 1 de ce document ni dans la Figure 51 du fait qu'ils travaillaient essentiellement chez notre partenaire CSIR de Port Elizabeth : Anton Botha qui a soutenu un master puis une thèse et Mohamed Boubaker qui a soutenu un DEA.

Une autre application de CATI fut de détecter les maladies foliaires sur le riz et le maïs.

B.2.6. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

J'ai supervisé le développement de l'outil d'analyse d'image Trashcam/CATI et de ses modalités opératoires, avec l'apport des chercheurs du LTC comme Richard Frydrych, Bruno Bachelier et avec l'aide de Michel Giner qui a co-encadré avec moi de nombreux étudiants informaticiens avec qui les relations cordiales et néanmoins travailleuses ont permis le développement de cet outil paramétrable et souple qu'est Trashcam / CATI (Figure 51). Les résultats obtenus pendant la thèse de Mourad Krifa que j'ai co-encadrée avec Richard Frydrych pour le CIRAD sont grandement liés à la persévérance, au sérieux et à l'ingéniosité de Mourad, qualités que nous l'avons encouragé à développer.

J'ai 'rêvé' Trashcam / CATI en 1995-96 quand les outils d'analyse d'image existaient peu ou quand ils coûtaient trop chers pour nos partenaires du Sud. Son développement laissant le maximum de flexibilité quant aux réglages et fonctions du produit ont permis des tentatives d'utilisation dans diverses utilisations (voiles de fibres, nappes de fibres, planchettes de fil, mesure de surface foliaire, détection de maladie dans des feuilles, ...). Son faible coût a permis une utilisation en amélioration variétale en Afrique et a permis la thèse de Bruno Bachelier en plus de la création de variétés à teneur en SCF réduite.

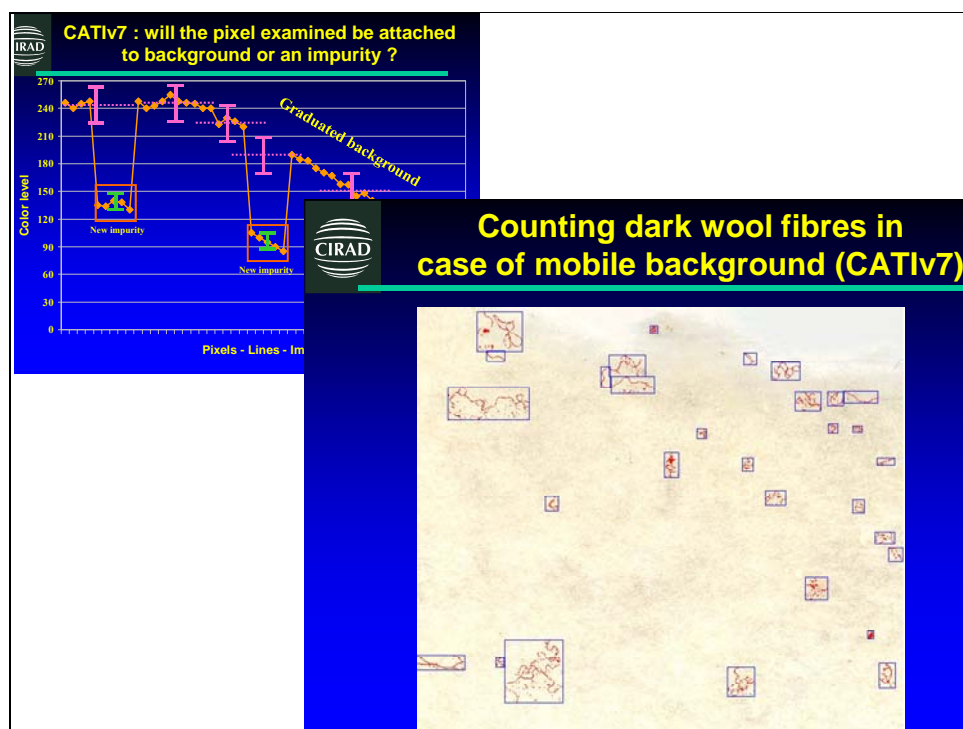


Figure 50 : Détection de fibres de couleur foncée dans des bourres de laine Gourlot and Hunter 2004).

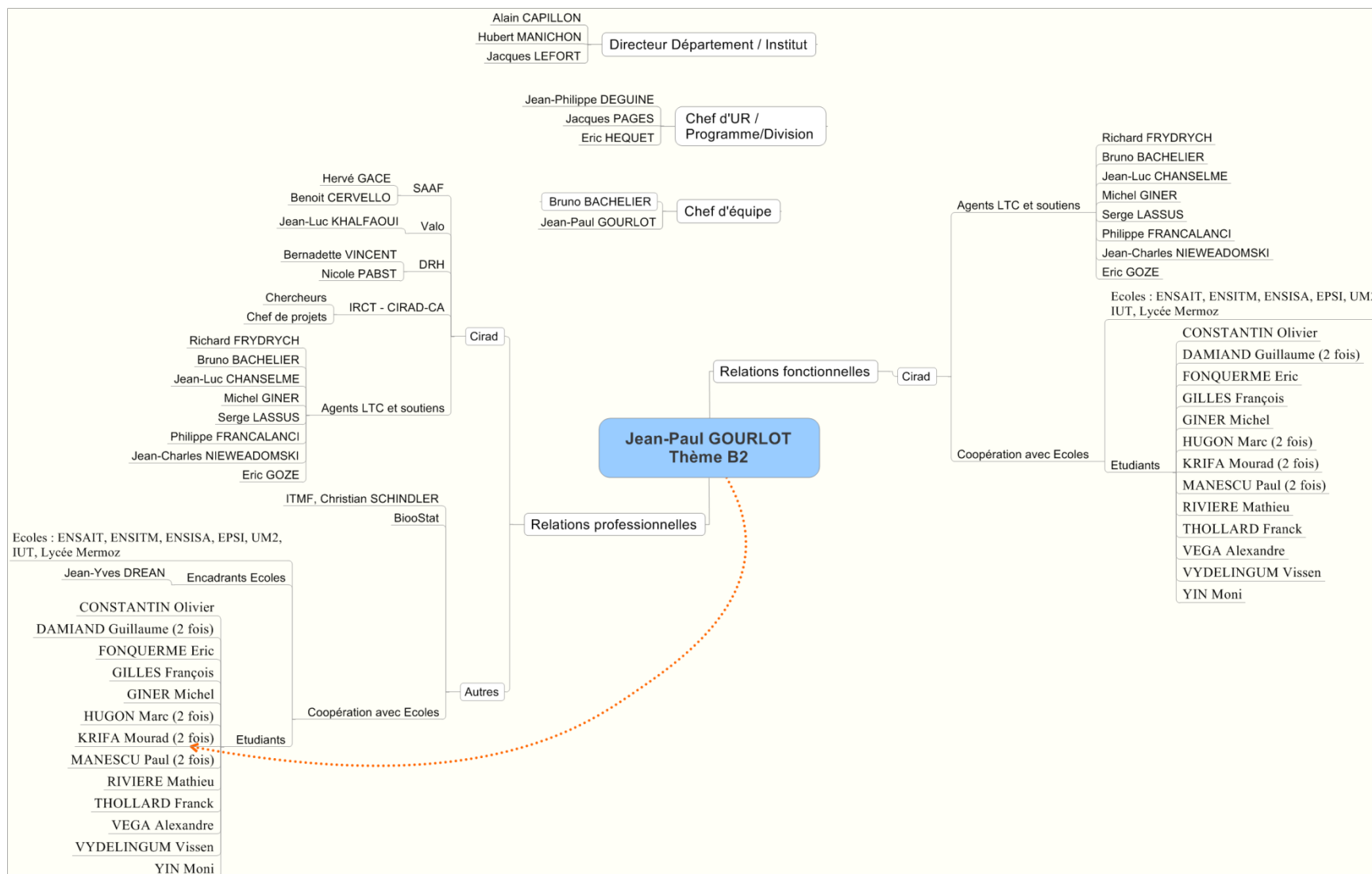


Figure 51 : Relations et coopérations pour la thématique B2.

B.3. Etude de l'influence de certains contaminants sur la filabilité des fibres de coton : cas du collage entomologique

Au même titre que pour les SCF, les filateurs sont conscients des problèmes provoqués par les contaminants des matières premières. Alors que certains contaminants peuvent être retirés 'facilement', d'autres demeurent difficiles à extraire. Les cotons dits collants relèvent de la deuxième catégorie. Richard Frydrych, qui relate ses connaissances de plus de trente années de recherche dans sa thèse et dans son document d'HDR (Frydrych 2002), indique qu'il s'agit de cotons pollués par des sucres d'origine physiologique (cotonnier) ou entomologique (insectes) entre autres sources moins importantes. Le collage se matérialise en milieu industriel quand des dépôts de substances collantes encrassent les organes des machines textiles en contact avec les fibres.

Comme le collage occasionne des pertes financières pour les filateurs, ils cherchent à éviter les lots contaminés et/ou négocient le coton collant à la baisse. Comme il n'existe pas de système de classification, toutes les productions des zones réputées 'collantes' se trouvent dépréciées et subissent des décotes de l'ordre de 5 à 10% du prix normal.

Les recherches menées ont conduit à la mise au point d'équipements de mesure comme le *Stickiness Cotton Thermodetector* (SCT) et le *High Speed Stickiness Detector* (H2SD) accompagnés de leurs modes opératoires, de la description des résultats produits et de la description de leurs limites de mesure.

Il restait à cette époque à tester et à évaluer les méthodes de mesure du potentiel de collage d'une production cotonnière, à développer un seuil permettant une transformation économique des cotons collants, et vérifier l'adaptation des outils de mesure à une utilisation des appareils en classement commercial des fibres, afin de satisfaire des clients et vérifier une potentielle amélioration des productions.

Pour répondre à ces objectifs, le Projet CFC/ICAC/11 intitulé « Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage », a été monté par Eric Hequet et Richard Frydrych avec nos collègues Soudanais. Ce projet 'Soudan' a été financé par le *Common Fund for Commodities* (CFC), Amsterdam et l'*International Cotton Advisory Committee* (ICAC), Washington.

Les différents partenaires de recherche étaient :

- Sudan Cotton Company (SCC), Karthoum, Soudan ;
- Agricultural Research Corporation (ARC), Wed Medani, Soudan ;
- Institut textile de France (ITF), Lille, France ;
- CIRAD-LTC, Montpellier, France.

Les thèmes abordés dans cette thématique sont :

- Etude de comparaison du SCT et du H2SD pour des mesures commerciales, et étude des risques de litige associés à la classification des balles pour le collage (B.3.1) ;
- Harmonisation des mesures de collage (B.3.2) ;
- Etude des limites de filabilité des cotons collants en filature industrielle (B.3.3) ;
- Etude de l'impact économique du collage (B.3.4) ;
- Solutions pour réduire les conséquences du collage (B.3.5).

B.3.1. Etude de comparaison du SCT et du H2SD pour des mesures commerciales, et étude des risques de litige associés à la classification des balles pour le collage

Il a été montré que la distribution des points collants détectés par SCT ne peut pas être raccordée à une loi de Poisson. En effet, le collage n'est pas uniformément distribué au sein des balles. Avec le SCT, le niveau de collage assigné à une balle donnée est également dépendant du technicien qui compte les points collants et du niveau de collage de cette balle. Avec cet appareil, nous n'avons pas pu déduire de loi statistique simple de raccordement à partir des données collectées, et une classification commerciale ne peut pas être pratiquée sans procédures spécifiques.

Il a été décidé d'utiliser le H2SD car le SCT est trop lent dans un environnement de classification. Les résultats obtenus pendant ce projet ont également permis son amélioration et la définition de ces avantages comparatifs face au SCT. Nous avons démontré que l'automatisation apportée au H2SD pour la mesure du collage annule l'effet opérateur et l'interaction avec le niveau de collage de la balle observé sur le SCT et décrits ci-dessus. Avec le H2SD, la loi statistique de distribution des points collants dans les balles serait une distribution binomiale négative de coefficient de forme $k = 9.43$ (Fonteneau-Tamime, Frydrych et al. 2001a; Fonteneau-Tamime, Frydrych et al. 2001b; Fonteneau-Tamime, Gourlot et al. 2001; Tamime 2001a; Tamime 2001b; Tamime, Frydrych et al. 2001). A partir de cette loi de distribution, les risques de litige peuvent être évalués selon différentes modalités de classement (Figure 52). Ainsi, en choisissant le taux de litige (exemple à 5%), et en connaissant la limite acceptable de collage par le client (exemple 10 points collants), il est possible de fixer le seuil au classement au-delà duquel les balles seront classées comme 'collantes', les autres étant considérées comme non collantes (exemple : on déduit le seuil au classement à 4 points collants). Il reste cependant que le seuil acceptable par le client doit être défini ; ce point fait l'objet du paragraphe B.3.3 où un seuil universel est recherché.

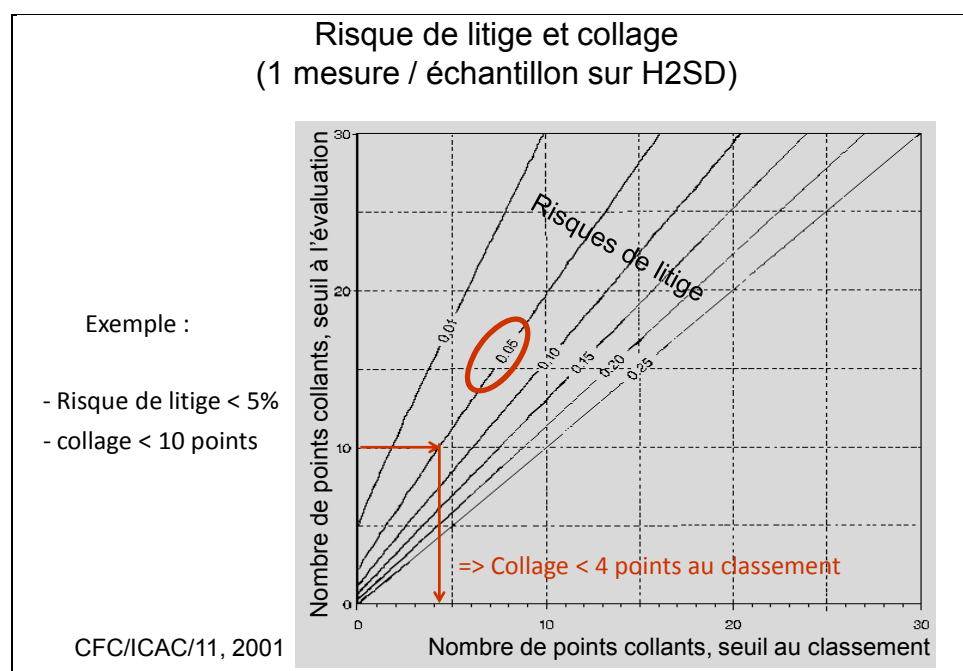


Figure 52 : Exemple d'abaque permettant de déduire les seuils au classement ou à l'évaluation en fonction d'un risque de litige assumé ; cas à une mesure par échantillon sur H2SD (Gourlot 2001).

Suite à une étude de 7680 échantillons prélevés dans 8 usines de la zone cotonnière soudanaise, nous sommes parvenus à établir une 'carte des contaminations' (Figure 53) où chaque usine indiquée pourrait être localisée sur une carte du Soudan.

Cette 'carte' a favorisé la discussion entre les partenaires de la filière soudanaise et a conduit à des actions sur le terrain permettant la suppression du collage dix années après la fin du projet (Figure 54, Gourlot, Ali et al. 2011c; Gourlot, Ali et al. 2011b; Gourlot, Ali et al. 2011a). Parmi les usines étudiées (Figure 53), certaines seraient plus concernées par un effort de classement : avec un même nombre de balles produites, ces usines fournissent le plus grand nombre de balles non collantes. Plus généralement, cette conclusion conduit à trouver des stratégies pour concentrer les efforts de classement en fonction d'objectifs à court et long terme fondés sur des aspects économiques (voir B.3.4 ci-dessous).

Cette 'carte' peut également être mise en relation avec celle des infestations pour déduire des effets variétaux où certaines variétés pourraient échapper au pic d'infestation par les insectes, par les types de sols ...ou toute autre interaction dans les méthodes de production. La récolte précoce est également

apparue comme la solution la plus efficace selon les discussions à Wad Medani en décembre 2000. Cependant, la lutte contre le collage requiert la combinaison de plusieurs solutions.

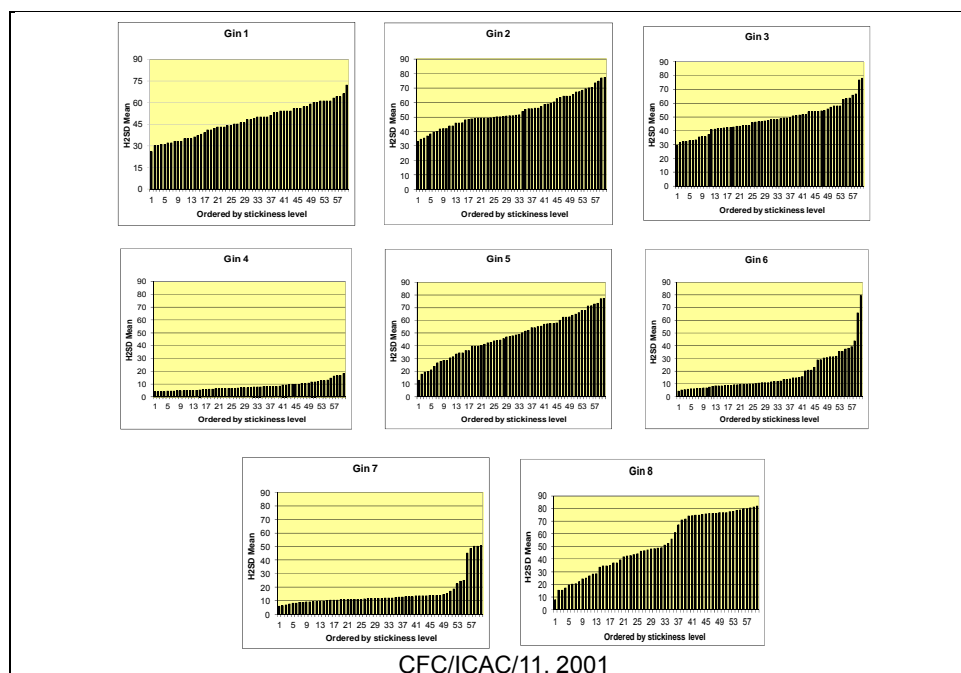


Figure 53 : Distributions des points collants détectés par HS2D, à partir de 7680 échantillons en provenance de 8 usines de la zone cotonnière du Soudan en 2000 (Gourlot 2000b)

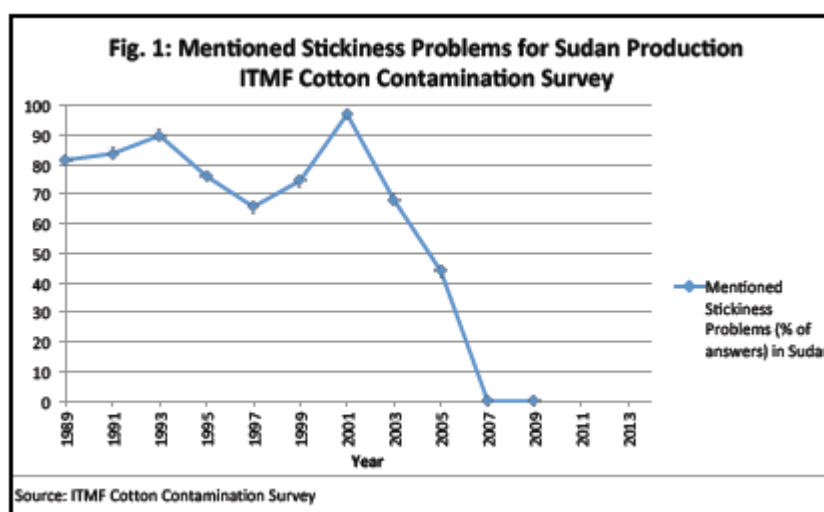


Figure 54 : Evolution de la réputation de collage de la production soudanaise au fil du temps. Evaluation dix ans après la fin du projet CFC/ICAC/11 (Gourlot, Ali et al. 2011b).

B.3.2. Harmonisation des mesures de collage

B.3.2.1. Round test ITMF

J'ai été nommé animateur du groupe collage de l'*International Textile Manufacturers Federation – International Cotton Committee on Testing Methods* (ITMF-ICCTM) en 2006. Une des tâches de ce groupe est de favoriser les discussions techniques (sur base de résultats scientifiques), d'harmoniser les niveaux de mesure par la création de guides ou de recommandations, de favoriser la création de techniques de mesure aptes à une utilisation industrielle, de reconnaître ('to recognize') officiellement les techniques de mesure selon deux niveaux (prototype, instrument de mesure) qui peuvent être

utilisés dans trois domaines possibles (test pour les industriels, classification à grande échelle, méthode de référence).

Dans le groupe collage, avec Frydrych, nous avons monté un test inter-laboratoires sur la mesure du collage tel que les types d'instruments majeurs de caractérisation du collage puissent y participer. Nous avons utilisé les bases du savoir-faire accumulé par Frydrych et Lassus dans le montage de round-tests périodiques pour le H2SD afin d'en harmoniser le niveau, et le mien obtenu pendant le montage et la gestion du test inter-laboratoires sur les instruments de caractérisation des fibres (décrit en B.1.6).

Pour couvrir la gamme de collage et prendre en compte les sensibilités des différentes méthodes de mesure, 12 cotons ont été sélectionnés dont 8 étaient présents à l'état brut ET à l'état mélangé à l'ouvreuse de laboratoire, les 4 autres restant à l'état brut (Figure 55). Nous espérons obtenir des résultats de plusieurs laboratoires par type d'instrument (carde, SCT, H2SD, FCT, FQT, HPLC), ne serait-ce que pour valider statistiquement les résultats globaux, mais nos attentes n'ont pas été comblées (Figure 56).

La Figure 57 indique qu'une étape d'harmonisation des résultats de mesure (ici représenté en échelle log) est nécessaire pour tous les types d'appareils. Cependant, il semble que le H2SD, ayant hérité d'un travail d'harmonisation antérieur, donne des résultats plus conformes entre appareils.

La Figure 58 montre les corrélations existants entre les résultats des différentes laboratoires et types d'appareil. Même si les relations semblent bonnes, il sera probablement nécessaire de mieux définir ce que doit mesurer un appareil de détection du collage, afin d'indiquer les pistes à suivre aux fabricants et permettre une harmonisation des lectures des différentes instrumentations.

Range of stickiness			
Cotton	Stickiness level (H2SD)	Mixed Cotton (M)	Cotton Raw (R)
1	50	M1 (2 blocks)	R1
2	0	M2 (2 blocks)	R2
3	80	M3 (2 blocks)	R3
4	15	M4 (2 blocks)	R4
5	50	M5 (2 blocks)	R5
6	30	M6 (2 blocks)	R6
7	17	M7 (2 blocks)	R7
8	20	M8 (2 blocks)	R8
9	10		R9
10	30		R10
11	45		R11
12	12		R12

Figure 55 : Choix des cotons pour le test inter-laboratoires ICCTM-ICCTM 2008 (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).

Instrument	Raw		Mixed	
	Planned	Achieved	Planned	Achieved
Mini-card	3	1 (2?)	3	2
SCT	5	3	5	3
FCT/FQT	4	3	4	3
H2SD	5	4 (5?)	6	4 (5?)
HPLC	1	0	1	0

Figure 56 : Comparaison des nombres d'instruments espérés dans le test et de ceux présents (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).

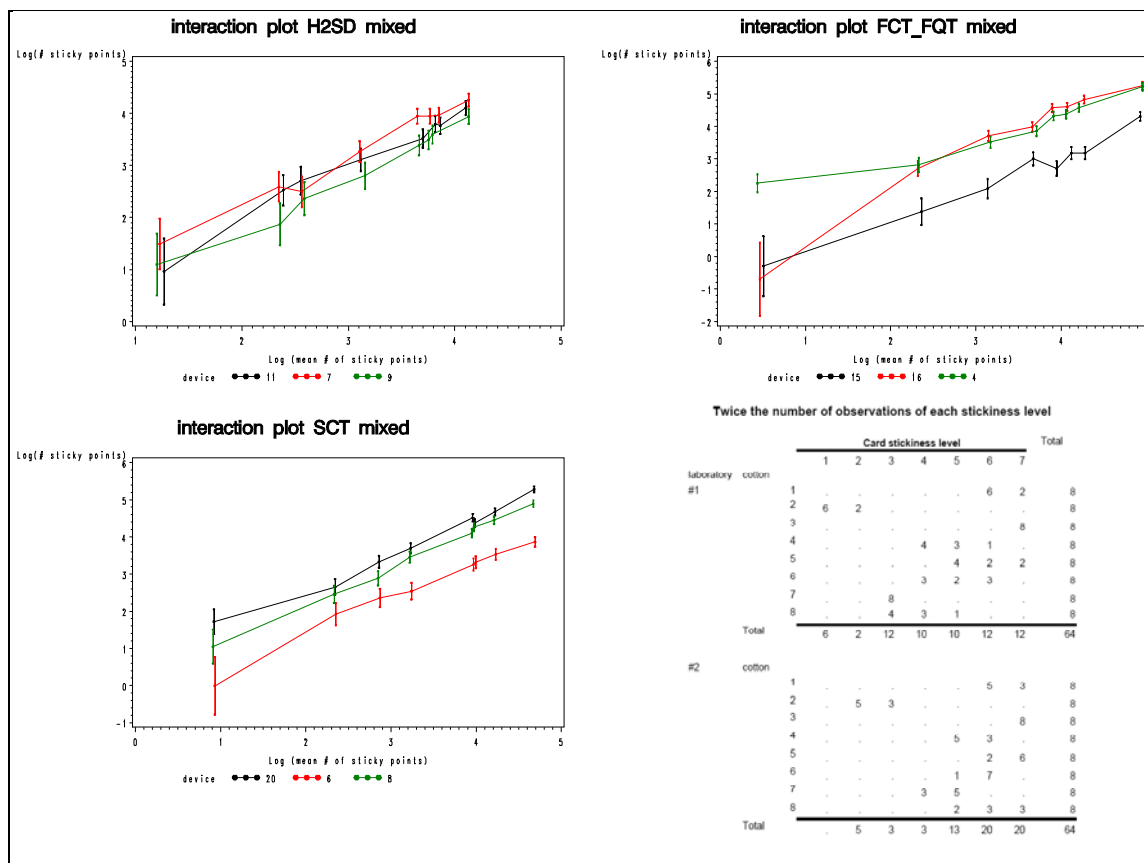


Figure 57 : Résultats des comparaisons entre appareils d'un même type, test ITMF-ICCTM 2008 (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).

Un test regroupant le plus possible de types de mesure du collage entomologique est en cours de montage avec pour objectif de présenter les résultats lors de la prochaine réunion ITMF-ICCTM de 2014.

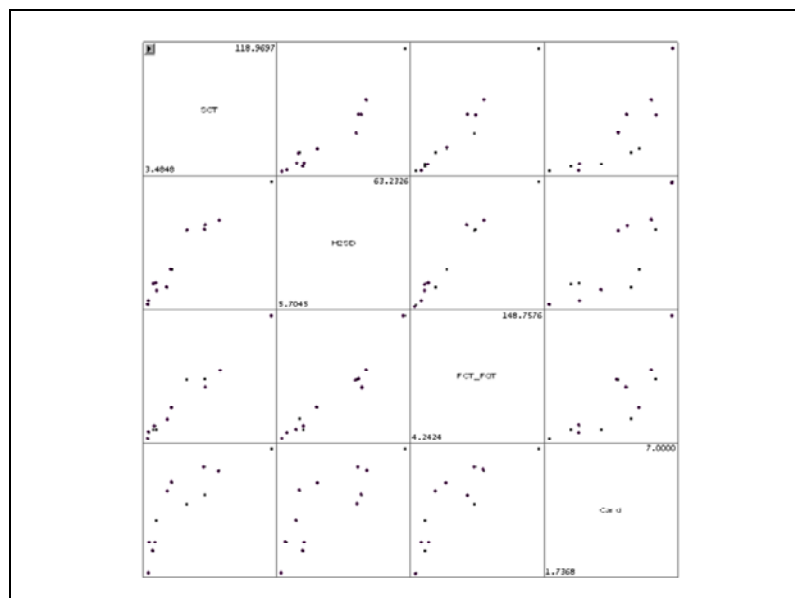


Figure 58 : Corrélations entre résultats des différents types d'appareils de mesure, test ITMF-ICCTM 2008 (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).

B.3.2.2. Norme CEN/AFNOR

Cet effort d'harmonisation a commencé après la clôture du Projet Soudan. Ainsi, trois normes européennes CEN ont été établies (une pour SCT, une pour H2SD et une pour FCT-FQT) pour décrire de manière conventionnelle leurs conditions et limites d'utilisation (ISO 14278-2004).

B.3.3. Etude des limites de filabilité des cotons collants en filature industrielle

Lors de son travail de thèse et dans le cadre du Projet Soudan, Tamime a conduit une expérimentation de filature anneau-curseur (RS) et à bouts libérés (OE) à grande échelle réalisée dans les ateliers d'IFTH à Villeneuve d'Ascq afin de quantifier l'impact du collage sur les indicateurs de production et de qualité en filature (Tamime 2000). Ainsi, 24 balles de coton et deux balles témoins ont été transformées en cycle cardé, et 5 balles en cycle peigné. A chacune des étapes, des relevés de productions ont été réalisés et des échantillons ont été prélevés pour caractérisation.

En termes de résultats, les expérimentations montrent que :

- Les comptages de points collants par H2SD sont en général les mieux corrélés à tous les critères de qualité ou de productivité des deux types de filature de cycle cardé (Figure 59).
- Au-delà de 50 points H2SD, il devient impossible de filer.
- Même un faible collage peut occasionner de grandes pertes de productivité en filature RS (Figure 60).
- Il semble cependant que le collage a eu peu d'effet sur la productivité de la filature OE.
- Même si la qualité des deux produits diminue, celle des filés RS est plus affectée (Figure 60) par le collage que celle des filés OE.

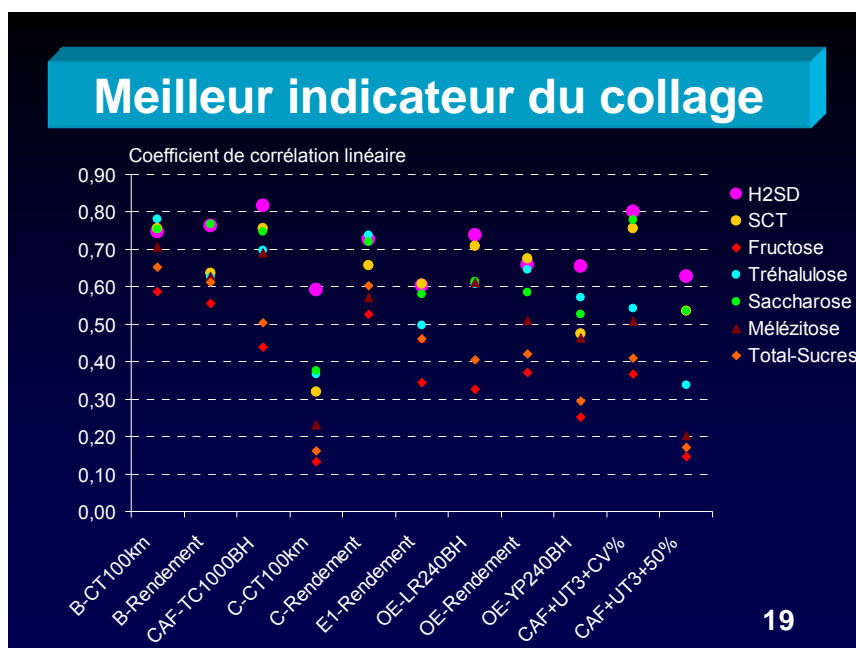


Figure 59 : Corrélations entre caractérisations sur fibres et indices de productivité et de qualité des filés en cycle cardé (Tamime 2000). Avec : B-CT100km: total nb. of breaks per 100 km on the flyer ; B- Rendement: efficiency of the flyer ; CAF-TC1000BH: breakage per 1000 spindles/hour on the ring spinning frame ; C-CT100km: total nb. of breaks per 100 km of card sliver ; C- Rendement: card efficiency (efficiency = rendement) ; E1- Rendement: drawing frame efficiency (1° draft) ; OE-LR240BH: number of interventions per hour for 240 open end positions ; OE- Rendement: efficiency of the Open-end machine ;OE-Y-P240BH: number of piecings per hour for 240 pen end positions ;CAF-UT3-CV%: CV% mass variation on ring spun yarn ;CAF-UT3+50%: Nb of thick places per km of ring spun yarn

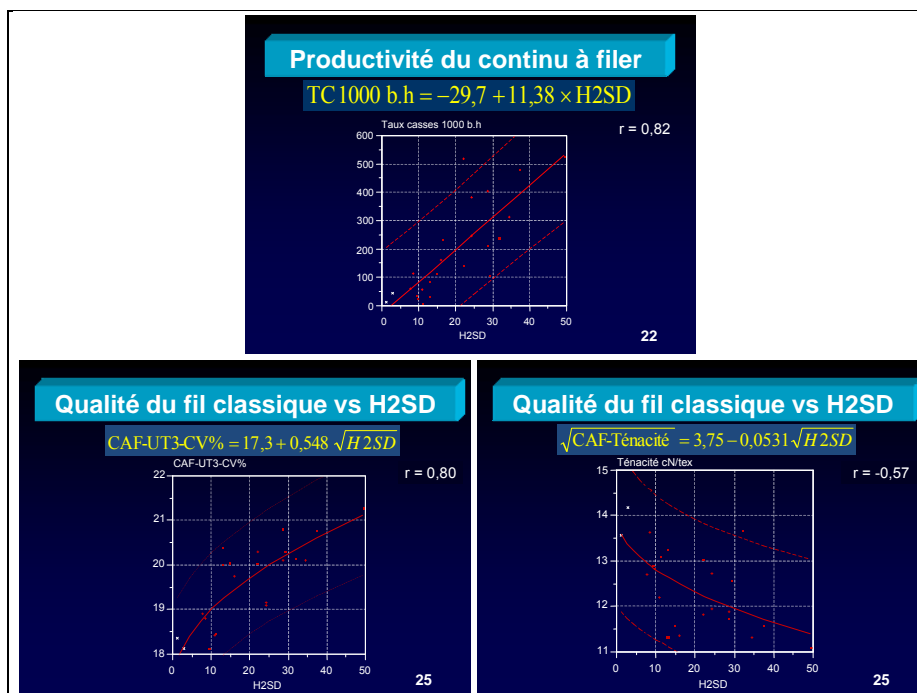


Figure 60 : Effet du collage sur la productivité de la filature, sur la régularimétrie et sur la dynamométrie des filés RS (Tamime 2000).

B.3.4. Etude de l'impact économique du collage

Dans notre rapport final de Projet CFC/ICAC/11 'Soudan' (Gourlot and Frydrych 2001b; Gourlot and Frydrych 2001a), nous avons écrit : « Le coût de classement de toutes les balles au Soudan a été estimé ainsi que les gains financiers d'une telle méthode, en prenant en compte les décotes avec la réputation de collage et la proportion de balles dans la production. Le résultat de cette étude économique a montré que le coût de classement est de environ 1.5 \$US par balle (presque 50% de ce prix concerne le transport des échantillons vers le laboratoire car la collecte des échantillons n'est pas encore centralisée) pour un coût d'analyse de 0.388 \$US par échantillon. Un système de classement n'est économiquement viable que s'il conduit à des gains financiers et cela dépend des décotes appliquées de la proportion des balles non collantes (Figure 61). Cette étude a été conduite sur la base de beaucoup d'hypothèses qui devront être vérifiées car il est presque impossible d'obtenir des informations de prix et de décotes de la part du marché. »

Tableau 4-2 : Gain (millions de US\$) suite à un classement des balles Acala en deux catégories, collant et non collant, pour différentes proportions de non collants X et pour différentes décotes pour les balles collantes D' . Décote en l'absence de classement $D = 7\%$ et coût de classement $CC_{Bale} = \$1.51/balle$.

	D'								
X%	3	5	7	10	12	15	20	30	35
0	-3.5	-5.4	-7.3	-10.2	-12.1	-15	-19.8	-29.4	-34.2
20	-1.5	-3.0	-4.5	-6.8	-8.4	-10.7	-14.5	-22.2	-26.0
40	0.6	-0.9	-1.7	-3.5	-4.6	-6.3	-9.2	-15	-17.8
60	2.6	1.8	1.0	-0.1	-0.8	-2.0	-3.9	-7.8	-9.7
80	4.6	4.2	3.8	3.2	2.8	2.3	1.3	-0.5	-1.5
100	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6

Tableau 4-3 : Gain (millions de US\$) suite à un classement des balles Barakat en deux catégories, collant et non collant, pour différentes proportions de non collants X et pour différentes décotes pour les balles collantes D' . Décote en l'absence de classement $D = 7\%$ et coût de classement $CC_{Bale} = \$1.51/balle$.

	D'								
X%	3	5	7	10	12	15	20	30	35
0	-1.1	-1.7	-2.4	-3.3	-3.9	-4.9	-6.5	-9.7	-11.3
20	-0.4	-0.9	-1.5	-2.2	-2.7	-3.5	-4.7	-7.3	-8.6
40	0.2	-0.1	-0.5	-1.1	-1.5	-2.1	-3.0	-5.0	-5.8
60	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.2	-0.6	-1.2	-2.5	-3.2
80	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	0.5	-0.1	-0.4
100	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

Figure 61 : Faisabilité économique d'un classement des balles produites pour la caractérisation du collage (Gourlot and Frydrych 2001b; Gourlot and Frydrych 2001a; Tamime 2001a).

B.3.5. Solutions pour réduire les conséquences du collage

Deux expérimentations principales étaient programmées pour parvenir aux conclusions suivantes :

« Il est connu que plus l'humidité relative est élevée, plus le nombre de perturbations induites par le collage est élevé et plus la qualité du fil est médiocre. Cet effet négatif a été confirmé en réduisant l'humidité relative à 40% dans une expérimentation spécifique. Trois niveaux d'humidité relative (40, 45, 55%) ont été testées pour évaluer l'impact sur la productivité et la qualité du fil en micro-filature. Quelques tests conduits en filature industrielle ont confirmé que des balles impossibles ou difficiles à filer dans des conditions normales d'humidité relative peuvent être filées sans trop de perturbation à 38% HR. La qualité des fils a également été améliorée. Diminuer l'humidité relative pourrait apparaître comme une solution pour transformer les cotons collants.

Dans le cadre de ces études où chaque balle a été filée individuellement, il a été montré que le nombre de perturbations était relié au collage mesuré par H2SD. Dans les conditions industrielles, les cotons de différentes origines sont souvent mélangés ensemble. La linéarité des comptages H2SD dans les mélanges de cotons collants et non collants a été vérifiée sur des échantillons contenant 25, 50, 75 et 100% de coton collant. Le collage du mélange a été déterminé comme la moyenne des valeurs de collage des constituants pondérée par leur proportion dans le mélange (si le coton collant compte moins de 50 points mesurés par H2SD). Bien qu'il n'y ait pas de doute que cette observation doit être vérifiée dans un essai industriel et en prenant en compte la qualité des fils produits, il semble raisonnable d'imaginer que le mélange du coton collant et du non collant peut réduire l'incidence des problèmes techniques en filature à niveau acceptable. » (Gourlot and Frydrych 2001b; Gourlot and Frydrych 2001a).

B.3.6. Pour résumer et éléments de perspectives

« Il existe une variabilité du collage en fonction de la variété, du bloc de production (ce qui peut être résolu par une organisation de la collecte du coton-graine et des pratiques en égrenage. Une classification peut être installée au moins pour mieux connaître la répartition des infestations par les insectes et résoudre ou limiter leurs effets.

L'autre utilisation de la classification serait de garantir une certaine qualité à des lots homogènes en termes de collage. Les conditions de test ne sont pas claires car la variabilité du collage dans l'organisation actuelle ne permet pas de trouver de loi statistique pour définir la précision et la justesse des mesures qui serait valide pour la production entière. Cependant, une mesure peut être réalisée pour isoler les lots fortement contaminés du reste de la production, commencer à stabiliser une organisation pratique et commencer à vendre les fibres sur la base de cette mesure de collage.

Des méthodes pour évaluer le risque de litige en fonction de deux seuils – à la classification et à l'évaluation ou expertise – sont maintenant disponibles et pourront être employées dès que la loi statistique sera déduite des observations dans la nouvelle organisation de la production.

Par ces nombreuses expérimentations, nous avons vu que le SCT n'est pas complètement adapté à une classification commerciale car un effet opérateur intervient pendant la mesure et retire en partie la confiance dans les résultats issus de cette analyse. Grâce à son automatisation, le H2SD n'a pas ce biais et peut être utilisé pour une classification car l'effet opérateur n'interagit pas dans la mesure.

[.../...] De l'expérimentation en conditions industrielles et de ses conditions spécifiques, nous avons appris, comme on l'espérait, que la zone de collage sans perturbation peut exister pour certains paramètres de quantité et de qualité. Cependant, leur gamme peut varier en largeur de plage de collage mesuré par H2SD. Cela montre que les paramètres de productivité et de qualité peuvent être affectés par de faibles niveaux de collage, alors que d'autres paramètres ne seront pas aussi sensibles à un changement de niveau de collage.

Cette recherche ne peut pas conduire à trouver un seuil critique de collage pour la filature mondiale car les machines utilisées sont très différentes au point que certains pays sont spécialisés dans la filature de cotons très contaminés, alors que d'autres ne peuvent pas accepter ne serait-ce que des traces de collage dans les fibres. Ainsi, si une procédure de classification est mise en place, des seuils de classification seront nécessaires pour chaque client à des niveaux qui dépend de leur capacité à travailler des fibres de collage donnés. Cela devrait être décrit dans une forme de contrat entre les deux parties. L'organisation d'une telle classification induira des changements dans la manière de regrouper les balles selon leur homogénéité de collage. » (Gourlot and Frydrych 2001b; Gourlot and Frydrych 2001a).

Eléments de perspectives : Le collage semble toujours exister, mais il est dépendant des conditions de culture et des populations d'insectes. Je viens de dire « semble exister » car la version officielle est que le collage n'existe plus pour les producteurs de fibres ; l'enjeu commercial et financier est tel qu'il est préférable pour eux de ne rien afficher publiquement (sauf quand il s'agit d'afficher un volotarisme pour lutter contre le problème). Cet état de fait est une des difficultés majeures de l'animation qui me revient dans les groupes ITMF-ICCTM. Ainsi, même obtenir des cotons collants pour alimenter des tests inter-laboratoires est compliqué... Il reste que les derniers développements (début des années 2000) tendaient à dire qu'il fallait que les appareils de mesure distinguent le collage causés par les différents insectes afin de mieux prévoir les perturbations en filature, et de ce fait, les probables impacts financiers qui y sont associés.

Monter des projets financés sur cette thématique semble très difficile voire impossible, à moins d'avoir des contraintes de diffusion des résultats très importantes – opposées à la demande importante de publications (autrement dit publiques) en vogue ces derniers temps. En outre, le LTC ne dispose plus de la compétence de Frydrych pour monter, gérer et accompagner ces projets.

Cependant, dans les derniers temps (2005-2010), des recherches plus fondamentales pour mieux connaître les comportements des sucres lors de l'adhérence (thèses Asma Amara, Narjès Rijba) ont été lancées sous la supervision de Frydrych. Ces recherches ont permis de décomposer les sucres qui constituent le miellat d'insectes dont le comportement d'une partie n'est pas connu. Ainsi certains comportements sont quelquefois étonnants : certains collants détectés comme collants ne 'collent' pas en filature. Expliquer ces comportements pourrait aboutir à la mise au point d'appareillages de mesure ou de matériaux non adhérents ou autres apports de connaissances nouvelles à partager dans les groupes de travail ITMF-ICCTM par exemple grâce au concours doctorants.

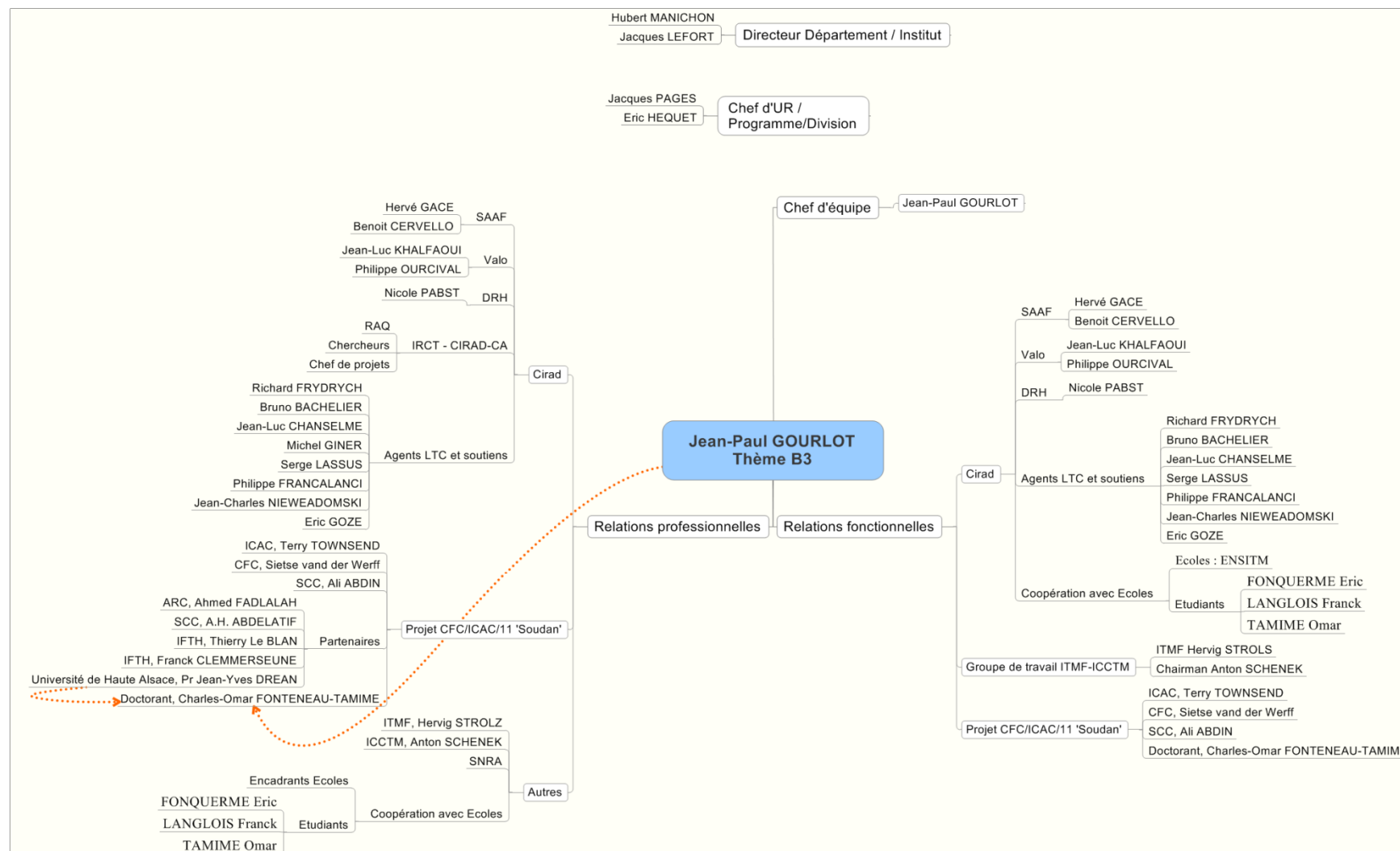


Figure 62 : Relations et coopérations pour la thématique B3.

B.3.7. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

Au début de la mise œuvre du Projet CFC/ICAC/11, Eric Hequet puis Jean-Luc Chanselme ont géré le Projet jusqu'à leur départ du CIRAD. C'est à ce moment que j'ai été nommé responsable du LTC, et de ce fait je suis devenu responsable scientifique du Projet CFC/ICAC/11 'Soudan', et son responsable pour les activités dévolues au LTC. Je disposais de l'appui de la personne la plus réputée et la plus compétente dans le domaine du collage du coton : Richard Frydrych. Nous avons co-encadré la thèse de Omar Tamime (Charles Fonteneau-Tamime) pendant ce projet, avec une implication forte de nos partenaires, ARC, SCC et IFTH. Le détail des coopérations est donné en Figure 62.

B.4. Etude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres sur la mesure de leur ténacité par les CMI

J'insère ici des parties de ma thèse qui sont encore valides à ce jour. J'y ai toutefois ajouté quelques apports pour les besoins de cet exercice au vu de l'expérience gagnée durant ces dix dernières années.

Au travers des recherches effectuées sur cette thématique, je résumerai ma contribution à la compréhension de la mesure de la ténacité des fibres telle qu'elle est mesurée par les CMI. Ces appareils doivent être étalonnés régulièrement avec des cotons de référence dont les caractéristiques technologiques ont été établies à la suite de nombreux tests réalisés sur des CMI 'maîtres', c'est à dire des machines de référence. D'autres appareils de mesure ou méthodes ont déjà été proposées pour réaliser ce travail de standardisation, aussi est-il nécessaire d'en comparer la qualité des mesures, en particulier pour une utilisation dans les programmes d'amélioration variétale.

Les activités relatées au paragraphe B.1 m'ont conduit à m'intéresser à la mesure de la ténacité des fibres par CMI car, tels que les appareils sont conçus, cette caractéristique est la résultante des mesures des autres caractéristiques de fibre. C'est ainsi la mesure qui me semble la plus sensible à toutes les erreurs de mesure obtenues préalablement, et qu'elle est sensée être prédictive des caractéristiques de filés.

Le contexte international m'a également incité à aller dans cette direction : le groupe de Porto (1995-1999), dont je faisais partie avec Eric Hequet, avait pour but de tenter de définir un moyen universel de mesurer la ténacité à partir d'une méthode de référence ('*sound reference method*'). Un projet appelé '*Reference Strength Tester*' (RST³⁵) a été initié par Ken Bragg, USDA-Clemson, avec la coopération de laboratoires internationaux : Faserinstitut de Brême, Allemagne ; CSIR, Port Elizabeth, Afrique du Sud, Trutzschler, Charlotteville, USA, et le LTC du CIRAD.

L'objectif de mon projet de thèse était de vérifier si des appareils CMI complétés par quelques dispositifs pouvaient produire des résultats reproductibles dans plusieurs laboratoires internationaux sur une longue période de temps, et devenir ainsi la méthode de référence d'établissement des valeurs de cotons de standards d'étalonnage.

Dans ce contexte, l'hypothèse de base est que les mesures réalisées sur le module de mesure de la longueur et le dynamomètre intégré sont fiables et non biaisées par d'autres propriétés des fibres de coton. Je me suis intéressé à la vérification de cette hypothèse de base. Il s'agit donc d'une recherche en approche méthodologique et en métrologie principalement s'appuyant sur diverses méthodes de mesure et leur mode opératoire. Cela est indispensable pour conclure sur la signification d'effet des propriétés des fibres sur la caractérisation de leur ténacité. Outre la vérification de la qualité des mesures des appareils CMI, cette recherche conduit également à la vérification de la qualité de mesure d'autres appareils indépendants qui ont été utilisés.

Le mode de calcul de la ténacité est simple : il s'agit de diviser une force de rupture mesurée sur des spécimens par la masse linéique desdits spécimens. En pratique, le type de dynamomètre utilisé, le mode d'échantillonnage et de préparation des fibres, la vitesse et la méthode d'application de la contrainte, la largeur entre pinces de traction, leur configuration, l'intervention humaine, le mode d'estimation de la masse de fibres rompues, etc... sont autant de biais potentiels dans la mesure de la

ténacité des fibres. Différents essais de machines de référence pour la mesure de ténacité ont déjà été tentés. Les activités économiques et les lobbies de l'ensemble de la filière cotonnière des pays producteurs les plus puissants affectent très clairement le déroulement de la normalisation des mesures, et donc des recherches qui ont été entreprises sur le sujet.

Cependant, peu de vérifications de l'absence d'interaction entre les différentes mesures des propriétés des fibres et celles de la ténacité et de sa mesure ont été publiées. Pour parvenir à vérifier cette absence d'interaction, nous allons tout d'abord examiner le fonctionnement et les biais de mesure de tous les appareils de mesure utilisés. En effet, en plus de montrer l'effet de telle ou telle propriété de fibres sur la qualité de mesure du CMI, il est également nécessaire de comprendre l'origine de cet effet afin de prévoir des solutions correctives. Il est également nécessaire de vérifier si l'effet constaté n'est pas tout simplement causé par un problème d'échantillonnage ou de mesure de la propriété causant le biais.

A partir du paragraphe B.4.3, des modifications volontaires de quelques propriétés des fibres provoquées sur quelques cotons sont utilisées pour quantifier leurs effets dans la mesure de ténacité par CMI. Les appareils décrits dans le chapitre A et exploités dans ces expérimentations particulières permettront de vérifier les hypothèses émises (Figure 69). Les propriétés qui ont été modifiées sont la couleur, les qualités de surface extérieure, le micronaire, les distributions de maturité, de finesse et de longueurs des fibres. Pour compléter l'analyse des effets constatés de certaines propriétés de fibres sur la mesure de la ténacité par CMI, des cotons dont les caractéristiques couvrent des gammes élargies sont ensuite utilisés pour tenter de vérifier les effets constatés précédemment.

En fin de cette thématique, nous devrions avoir compris les raisons des différences de lecture et de niveaux déjà observés entre les différents appareils de mesure. Nous devrions apporter également les éléments nécessaires pour décider de l'utilisation d'un module d'une CMI pour la création d'une méthode de référence de mesure de la ténacité des fibres de cotons standards d'étalonnage.

B.4.1. Description succincte du RST (Reference Strength Tester)

Une grande partie du travail de thèse a été réalisé en utilisant une CMI Spinlab® 900 dont les principes de fonctionnement ont été présentés au paragraphe A.2.3.6. Sur la même base matérielle, et pour les besoins du travail du Groupe de Porto, des outils spécifiques (boîte à couper, balances, petits matériels) ont été développés afin de récupérer un maximum d'informations brutes obtenues (en plus des résultats traditionnels) lors des tests sur CMI disposant de logiciel modifié avec le concours du fabricant des CMI. L'ensemble de ces outils a été appelé RST (Figure 63). Pratiquement, outre les informations détaillées sur le fibrogramme et le diagramme force-allongement corrigé des déflexions des éléments du dynamomètre, on récupère physiquement la masse de fibres impliquées dans le test dynamométrique en coupant les fibres avec un cutter (Figure 64). Grâce à toutes les informations collectées, la ténacité RST est calculée selon la formule (Équation 3) :

$$\text{Ténacité RST04} = \frac{\text{PFc}}{\text{BKAMT}} * \frac{\text{TAMT}}{\text{WGT}}$$

Équation 3

Avec : Ténacité en CN/tex ; PFc : Peak force tire de la courbe force-allongement (N) ; BKAMT : *break amount* : 'masse optique' choisie pour positionner une des pinces du dynamomètre ; TAMT, *total amount* : 'masse optique' totale observée sous le fibrogramme du peigne en cours de test de dynamométrie ; WGT : masse de fibres rompues (mg)

L'Équation 3 peut être transformée en l'équation suivante (Équation 4) :

$$\text{Ténacité RST04} = \frac{\text{PFc}}{\frac{\text{BKAMT} * \text{WGT}}{\text{TAMT}}}$$

Équation 4

Dans cette équation, le dénominateur est une proportion (régression linéaire sans terme constant) qui permet d'estimer la masse des fibres rompues en fonction d'estimations (BKAMT et TAMT) faites à partir des fibrogrammes enregistrés avant et après la casse du spécimen.

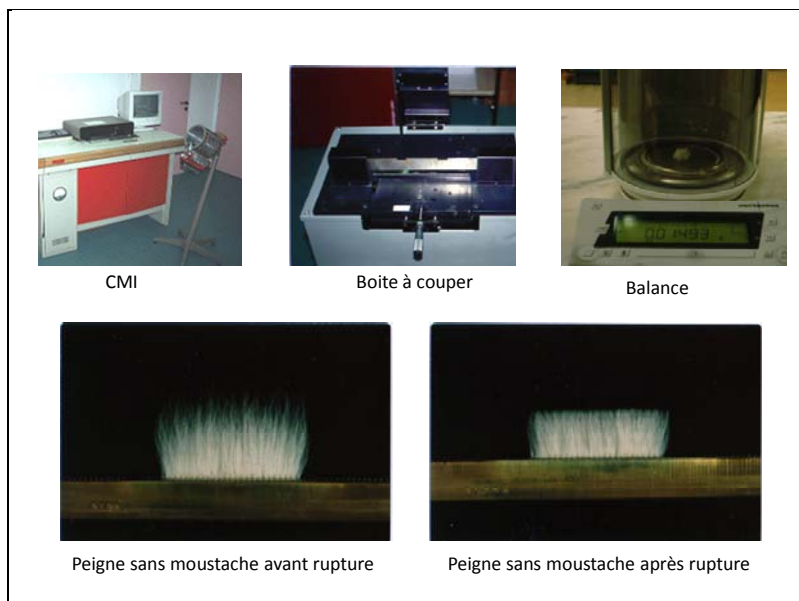


Figure 63 : Outils du RST, et exemples de peignes avant et après rupture suite à un test dynamométrique (clichés Gourlot, 1997).

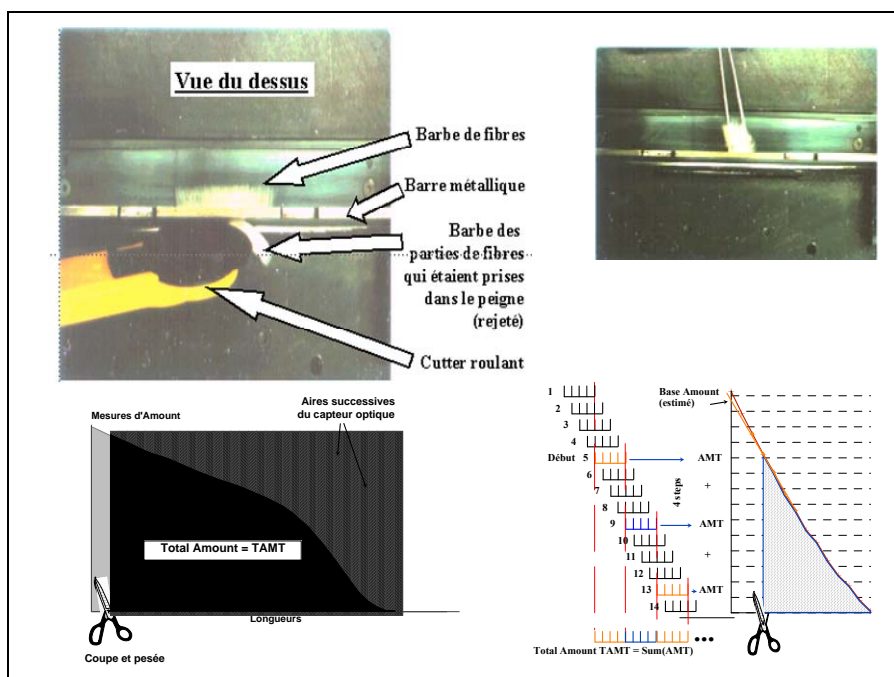


Figure 64 : Exemple de coupe d'un spécimen suite à un test dynamométrique, et correspondance avec les informations données par le fibrogramme correspondant (Cliché Gourlot, 1997).

A partir du travail conjoint et international, nous pensions développer une méthode de référence utilisables pour établir sans dérive les futures générations de matières de référence (Figure 65).

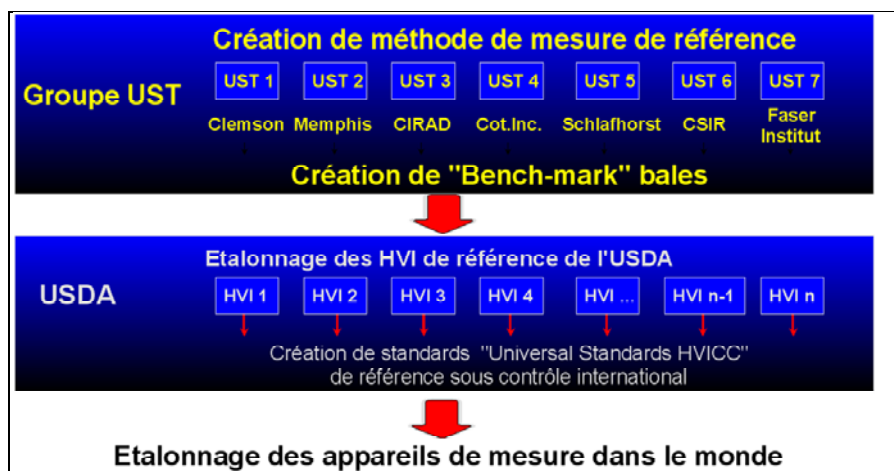


Figure 65 : Organisation prévisionnelle de la création de standards universels pour CMI (Bragg and Gourlot 1997).

Avec la même approche générale que celle décrite en Figure 19, mes recherches m'ont conduit à tester les hypothèses suivantes (Figure 69) :

- La forme des fibres (ici représentée par le micronaire) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.3).
- La forme des fibres (ici représentée par les distributions MR et H des fibres) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.4).
- La couleur des fibres n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.5).
- La distribution des longueurs de fibres dans les échantillons n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.6).
- Relations générales et vérifications des résultats observés (B.4.7).

Chacun de ces sujets est traité succinctement ci-après en rappelant l'hypothèse (le titre), quelques éléments de méthodes et finalement le résultat majeur. Enfin, les modalités organisationnelles et financières, et les coopérations internes et externes qui ont permis ces activités seront citées.

B.4.2. Description de la simulation de casses en faisceaux de fibres à partir des données fibre par fibre Mantis

Afin d'accéder en ligne à toutes les données disponibles, j'ai créé un système évolutif de base de données (Idéal99) de manière à intégrer automatiquement tout nouveau jeu de données. J'ai obtenu l'appui de Michel Giner et de Sébastien Guérinot pour la programmation de l'interface de l'application (Figure 66, Guérinot 2000).

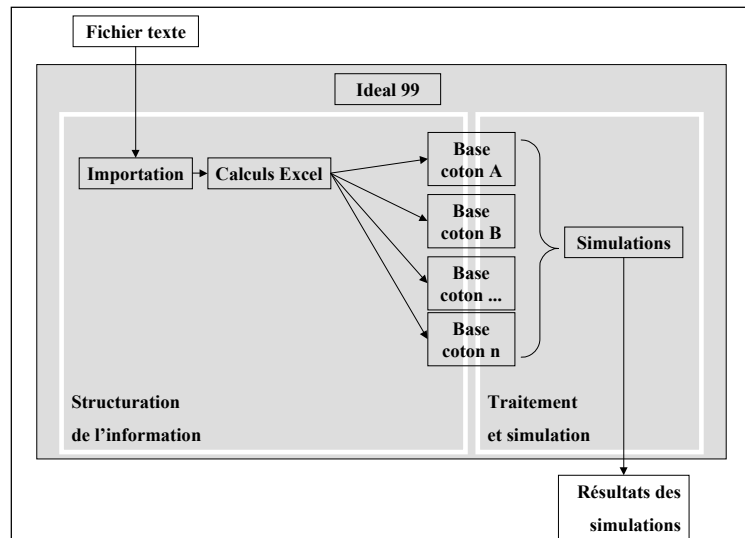


Figure 66 : L'application Ideal99 est complétée par un dispositif de simulation de casses en faisceau de fibres parallèles.

Un module d'importation est intégré dans ce système informatique. Il permet de stocker toutes les informations concernant les conditions de test, au même titre que toutes les données individuelles obtenues sur fibres individuelles pour chaque coton. En complément, un lien avec des feuilles de calcul d'Excel permet de calculer différents indicateurs comme la pente moyenne de la phase montante des courbes force / allongement, la force maximale enregistrée et la valeur d'allongement correspondante. Par ailleurs, selon une pratique courante de l'équipe M. Bragg à Clemson (USA), une équation polynomiale du cinquième degré (Équation 5) est calculée pour chaque fibre afin d'éliminer le bruit des données expérimentales.

$$F(\text{pas}) = u. \text{pas}^5 + v. \text{pas}^4 + w. \text{pas}^3 + x. \text{pas}^2 + y. \text{pas} + z$$

Équation 5

Avec :

- $F(\text{pas})$: la force estimée à chaque pas d'écartement des pinces du Mantis.
- pas : pas de d'allongement Mantis pour lequel on calcul la force correspondante. Les coefficients u , v , w , x , y et z sont relatifs aux différents coefficients du polynôme du cinquième degré pour chaque fibre

Le logiciel spécial Idéal99 permet leur visualisation sous forme graphique. Au vu des données des 1500 fibres disponibles par coton au départ, un certain nombre d'entre elles n'ont pas été retenues car elles montraient des courbes force/allongement d'allure particulière (Figure 67) en comparaison à celles considérées comme normales (Figure 68).

La grosse difficulté rencontrée semble être la grande variabilité des résultats obtenus au sein d'échantillons même bien homogénéisés. En conséquence, les paramètres statistiques habituels (moyenne, variance, ...) ne peuvent décrire que succinctement les informations obtenues. Suh et Frydrych (Frydrych and Zurek 1992; Suh, Cui et al. 1994) ont tenté de raccorder les données observées à des lois statistiques connues comme les lois Gamma. Ces lois de raccordement sont complexes et plusieurs paramètres doivent être ajustés. Cependant, au vu des conditions de tests utilisées, les lois de raccordement proposées ne sont pas forcément adaptées à la prédiction des résultats dans les conditions de test utilisées sur CMI. Par ailleurs, les conditions d'application de ces lois ne correspondent pas forcément aux conditions de tests utilisées dans le travail de ma thèse.

Une méthode pour contourner l'utilisation de lois statistiques de description des données consiste à utiliser l'intégralité des relevés de force en fonction de l'allongement pour chacune des fibres testées et à les combiner pour construire une simulation du comportement d'un faisceau de fibres parallèles

lors d'un test de dynamométrie sur CMI. Afin de pouvoir rapprocher les résultats obtenus sur Mantis dans cette thèse avec les résultats de Suh (Suh, Cui et al. 1994), au moins pour les informations statistiques générales et malgré le fait que la vitesse de casse ne corresponde pas à celle des CMI, j'ai choisi de rompre les fibres à 60 mm / mn.

Pour la majeure partie des expérimentations réalisées dans cette thèse, des fibres ont été préparées pour être analysées individuellement sur appareil Mantis. Afin de simuler des casses de faisceaux de fibres, un outil d'Ideal99 (Figure 66) sélectionne le nombre de cotons qui vont participer aux simulations et leurs pourcentages respectifs de participation dans l'échantillon à partir des bases de données de stockage des données unitaires déjà mentionnées (programmation informatique par Guérinot 2000).

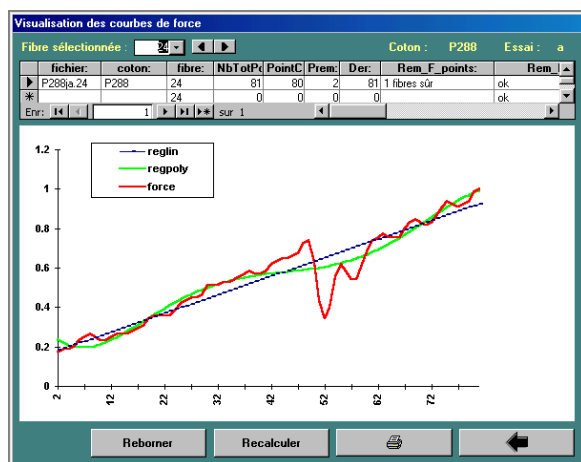


Figure 67 : Visualisation d'une courbe de force en fonction de l'allongement sur Mantis dont l'allure est discutable.

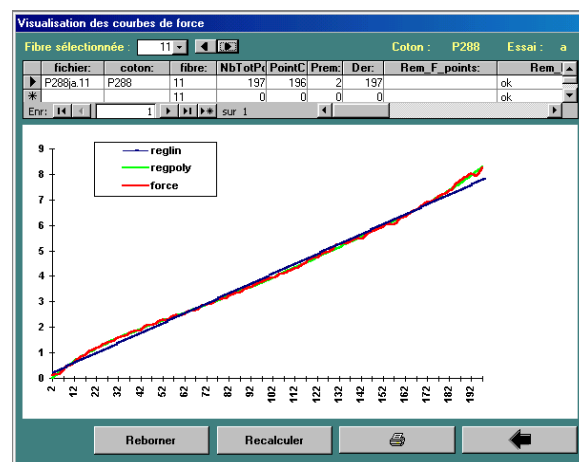


Figure 68 : Visualisation d'une courbe de la force en fonction de l'allongement sur Mantis dont l'allure est normale.

Plusieurs possibilités de sélection des fibres qui doivent participer aux simulations ont été envisagées : 1) tirage sans remise et exploitation de l'intégralité des populations disponibles par coton pour le caractériser ; 2) tirage sans remise d'une partie des fibres dans la population. Cette solution offre l'avantage de réaliser plusieurs tirages pour caractériser un coton. En revanche, une fibre peut figurer dans plusieurs simulations différentes ; 3) tirage avec remise systématique dans la population. Un nombre important de simulations peut être réalisé et une fibre peut apparaître une ou plusieurs fois dans une simulation et/ou dans plusieurs simulations.

Pour décider du mode de sélection des fibres, il est nécessaire de prendre en compte le nombre de fibres testées par coton et le nombre de cotons testés sur Mantis. Un nombre très important de cotons a été testé. Ainsi, un nombre assez faible de fibres a été caractérisé par coton, entre une centaine de fibres pour la majorité des cotons et 1500 pour six d'entre eux en deux ou plusieurs blocs ou répétitions d'analyse. Pour obtenir une bonne estimation des caractéristiques d'un coton, Hebert conseille de tester trois répétitions d'environ 150 fibres par échantillon (Hebert, Thibodeaux et al. 1995; Thibodeaux, Hebert et al. 1998). Au vu des implications financières, il n'a pas été possible d'atteindre cette recommandation. En revanche, les analyses statistiques montrent généralement que des reproductibilités convenables entre répétitions peuvent être atteintes dans nos conditions, même à 5 années d'écart. Ainsi, des cotons qui ont été testés sur Mantis à cinq années d'intervalle n'ont pas montré de différence significative ni de variance ni de moyennes pour Tb et Dep même si les conditions de tests ne sont pas complètement définies pour les premiers tests.

Suite aux analyses des distributions des paramètres mesurés (Tb, Dep), nous avons considéré que le troisième mode de sélection – tirage avec remise systématique – permettrait de réaliser beaucoup de simulations par coton sans toutefois altérer les résultats des simulations de manière notable.

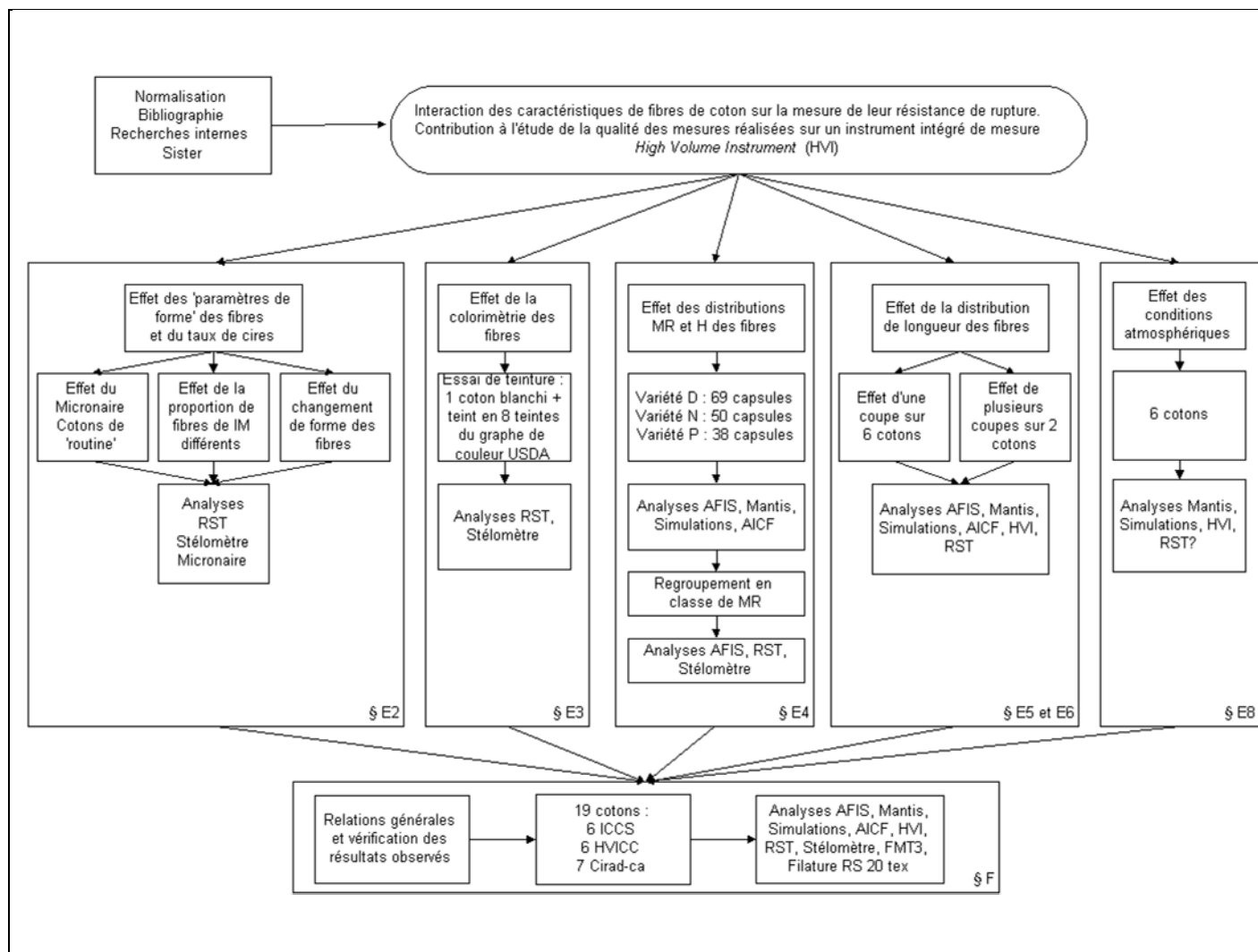


Figure 69 : Organisation générale des recherches conduites dans le travail de thèse (Gourlot 2002).

Dix tirages aléatoires de 100 fibres ont été réalisés dans les diverses populations de fibres des différents cotons pour constituer des échantillons et vérifier si des différences pouvaient être créées entre échantillons par ce mode d'échantillonnage. Les tests statistiques simples (homogénéité des variances, comparaison de moyennes et comparaison des distributions) ne montrent pas d'écart entre les divers tirages d'une part, et avec la population originale d'autre part. Ce mode d'échantillonnage a donc été retenu pour la suite des travaux.

Dès lors que nous simulons la casse de fibres parallèles, il nous faut évaluer à chaque instant quel est le pourcentage de fibres rompues et celui des fibres restantes qui sont en instance de rupture en fonction du temps d'application de la contrainte, lui-même lié à la valeur de déplacement (cas où il n'y a pas de déformation de dynamomètre). Il faut donc envisager maintenant la courbe force/allongement sur faisceau comme la fonction du nombre de fibres rompues en fonction du temps sous une distance croissante. Notons que le mode d'application de contrainte des CMI étant comparable à celui utilisé par le Mantis, les résultats des simulations pourront être comparés aux résultats CMI sans problème.

A partir des fibres sélectionnées dans les cotons choisis, l'algorithme cumule, pour chaque incrément d'allongement, la somme des forces relevées pour chacune des fibres. Ainsi, pour généraliser, à chaque pas d'écartement des pinces des CMI simulé, on enregistrerait la force définie ci-dessous (Équation 6) à partir des régressions polynomiales du 5^o degré (Équation 5) obtenue sur chacune des fibres liant la force à l'allongement des fibres.

$$S(a) = \sum_{i=1}^n (u_i \cdot a^5 + v_i \cdot a^4 + w_i \cdot a^3 + x_i \cdot a^2 + y_i \cdot a + z_i)$$

Équation 6

Avec :

- $S(a)$: la force estimée à chaque pas a d'écartement des pinces des CMI pour un nombre i de fibres.
- a : pas de d'allongement pour lequel on calcul la force correspondante. Il varie entre 1 et z , z étant un nombre fini.
- i : le numéro de fibre qui est intégrée dans la simulation. Cette information varie de 1 à n , n étant un nombre fini.
- Les coefficients u , v , w , x , y , z (z est forcé à 0 car physiquement il n'y a pas de force lue quand la fibre défrisée est au repos) sont relatifs aux différents coefficients du polynôme du 5^o degré pour chaque fibre.

Cette équation estime la courbe de force idéale enregistrable quand toutes les fibres sont parfaitement défrisées, et qu'ainsi elles commencent toutes à participer au moment du premier pas d'écartement des pinces des CMI. Par force idéale, on entend indépendance de toute influence de paramètres autres que la longueur (biais d'échantillonnage au Mantis).

Cependant, les fibres peuvent être plus ou moins défrisées par le brossage et le flux d'air d'aspiration de la CMI et sont donc disposées en faisceau de fibres 'parallèles' au moment d'être serrées dans les pinces de traction. Ces fibres ne sont maintenues que par une seule extrémité comme au Mantis. En conséquence, le phénomène observé s'approche vraisemblablement de ce qui est mesuré sur Mantis, à savoir une somme de plusieurs propriétés (*slack* + *crimp* + vrillage + ...).

Une frisure naturelle est normale pour les fibres de coton et le modèle de simulation doit en tenir compte pour tenter de représenter la réalité. Afin de rendre les simulations informatiques plus réalistes, le logiciel développé permet de prendre en compte un terme de décalage qui permet de retarder le début de participation des fibres au test de rupture du faisceau simulé. Ainsi, un décalage d'un certain nombre de pas liés au *crimp* a été introduit pour chacune des fibres. Pour généraliser, à chaque pas d'écartement des pinces des CMI simulé, on enregistrerait la force définie ci-dessous en présence de *crimp* pour chaque fibre (Équation 7) :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } a < c_i, \text{ alors } S(a) \text{ est inchangé ;} \\ \text{Si } a \geq c_i, \text{ alors } S(a) \text{ devient :} \\ S(a) = \sum_{i=1}^n \left(u_i \cdot (a - c_i)^5 + v_i \cdot (a - c_i)^4 + w_i \cdot (a - c_i)^3 + x_i \cdot (a - c_i)^2 + y_i \cdot (a - c_i) + z_i \right) \end{array} \right.$$

Équation 7

Avec c_i étant la valeur de *crimp* introduite pour la fibre i . Plusieurs méthodes d'introduction de frisure dans les simulations ont été tentées, mais nous avons retenu la méthode qui consiste à tirer une valeur de frisure dans une loi normale de paramètres de moyenne \bar{u} et de variance σ^2 dont on fixe les valeurs dans l'interface graphique (fixé par approches successives). Les exemples de comparaison de résultats avec et sans *crimp* sont donnés dans les Figure 70 et Figure 71.

Les mêmes calculs sont également possibles à partir des données brutes relevées sur Mantis ou sur les données modélisées par la régression linéaire. Un dispositif particulier permet de reprendre des jeux exactement identiques de fibres afin de leur appliquer des paramètres de simulation différents (par exemple pour changer les valeurs de *crimp* et en étudier les conséquences sur les résultats obtenus).

A partir de ces données, il est possible de calculer des ténacités simulées, mais le travail doit être poursuivi pour mieux comprendre toute la portée de cette recherche (même si une ébauche de ce travail a été présentée dans une conférence internationale (Gourlot, Frydrych et al. 2003, voir B.4.7.3).

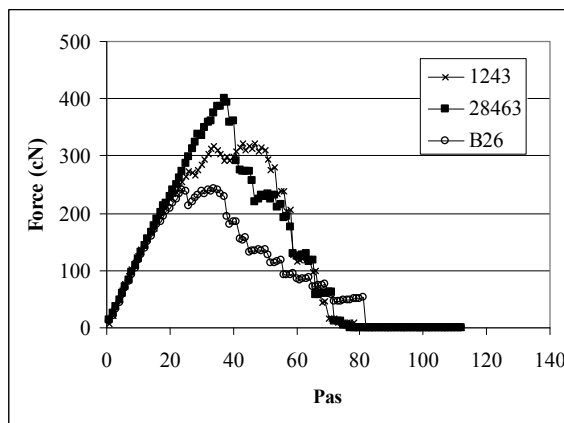


Figure 70 : Exemple de simulations sans *crimp* réalisées à partir de 100 fibres de 3 cotons différents.

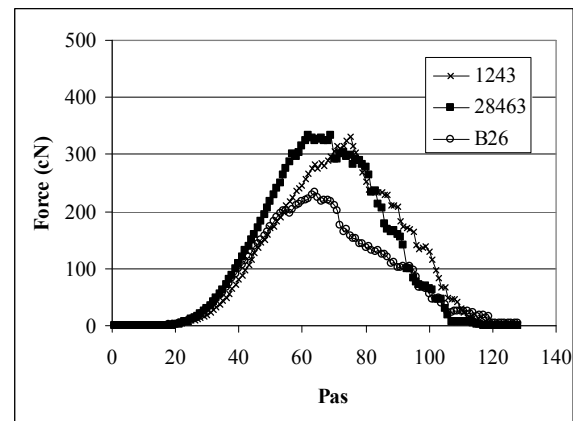


Figure 71 : Exemple de simulations avec *crimp* ($\bar{u} = 0.4$, $\sigma^2 = 0.01$) réalisées à partir des cent mêmes fibres des 3 cotons différents.

B.4.3. La forme des fibres (ici représentée par le micronaire) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons plus particulièrement à l'effet de certaines propriétés des fibres de coton sur la caractérisation de la ténacité. On sait que le choix du nombre de fibres à tester par dynamométrie et la masse de fibres rompues sont déterminés à partir du fibrogramme et du micronaire. Plusieurs auteurs ont démontré que les facteurs suivants affectent les lectures optiques et leur précision : 1) les méthodes d'échantillonnage), 2) le système de prélèvement des fibres affecte la manière dont les fibres sont représentées dans la mesure, 3) le conditionnement de l'échantillon et son histoire en termes de sa teneur en eau, 4) la forme en faisceau pointu des fibres et la forme en pointe des fibres, 5) le mode de préparation des faisceaux de fibres (brossage, peignage) sur la frisure des fibres, et 6) le complexe maturité / finesse – exprimé en terme de micronaire – a un effet important sur

les mesures. C'est la raison pour laquelle le micronaire est utilisé pour expliquer la relation entre lecture optique et masse de fibre. Une fonction du micronaire est utilisée dans les CMI pour calculer la ténacité.

Tous ces points semblent affecter le comportement de la lumière en présence des fibres avant de parvenir au capteur optique d'une CMI. En fait, de la diffraction, de la diffusion, de la transmission et/ou de l'absorption semble induite(s) par le nombre, la forme longitudinale et transversale et/ou l'aspect extérieur des fibres de coton dans le capteur (Figure 72).

La forme générale des faisceaux des fibres ont été modifiées 1) en choisissant des cotons de micronaires différents, 2) en mélangeant des cotons de micronaires différents à des proportions variées et 3) en gonflant les fibres par des traitements chimiques. Dans les trois cas, seules les formes de fibres ont changé et donc, selon l'hypothèse posée, les valeurs de ténacités ne devraient pas être influencées.

Or, nous avons démontré que les relations entre les lectures optiques et la masse de fibres sont curvilinéaires et dépendantes du micronaire. Cette tendance peut être expliquée de la manière suivante : pour 1 mg de fibres (de 3.175 mm de long), le nombre de fibres décroît quand le micronaire augmente. En supposant que les fibres sont tubulaires, de section ronde, leur diamètre augmente avec le micronaire. Si les fibres de ce milligramme sont parallèles dans le capteur optique, la largeur qu'elles occupent dans le capteur (nombre de fibres * diamètre) décroît quand le micronaire augmente. Ainsi, plus de lumière peut atteindre le capteur optique, et les *amounts* diminuent quand le micronaire augmente (Tableau 3). Cela affecte la mesure de la distribution des longueurs de fibres.

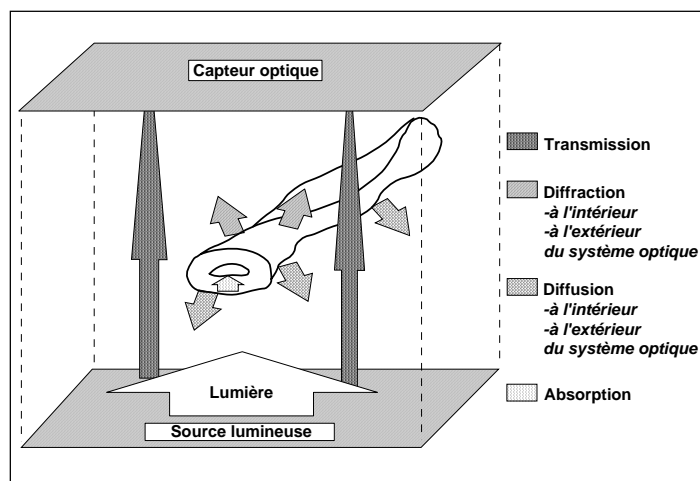


Figure 72: Répartition de la lumière dans le capteur optique (schéma original Gourlot 12/97).

On observe des différences importantes de masses selon le mode de calcul et un effet important sur les valeurs de ténacité. Dans un exemple, une force a été enregistrée à 8287 cN. L'estimation linéaire de la masse de fibres rompues était de 1.328 mg, alors que l'estimation curvilinéaire était de 1.077 mg. Dans ces conditions, la ténacité passe de 19.8 à 24.4 cN/tex, soit un changement de l'ordre de 23 %.

Quand des modifications de la forme des fibres sont provoquées par un traitement chimique, les lectures optiques du capteur CMI sont changées. En termes généraux, l'ajout successif d'une même quantité de fibres dans le capteur n'occasionne pas une réponse proportionnelle contrairement à ce qui pourrait être espéré. Les différentes équipes de recherche travaillant à la caractérisation du taux de fibres courtes par CMI auront probablement à tenir compte de cet effet dans leurs études.

Dans cette étude, quand des échantillons de formes de fibres différentes sont présentées au capteur, des réactions particulières peuvent se produire, et les réactions ont été démontrées comme très dépendantes du micronaire (Gourlot, Drieling et al. 1998). Cependant, comme le micronaire est un complexe maturité/finesse, il est nécessaire d'organiser une autre expérimentation pour en savoir plus sur la source la plus probable des biais mis en évidence.

Tableau 3: Explication de la réponse du capteur optique en fonction du micronaire pour 1 mg de fibres (extrait de Gourlot 2002).

Valeurs de micronaire IM						
2.8	3.0	3.4	3.8	4.4	4.8	5.4
Nombre N de fibres de 1/8° de pouce de long dans 1 mg						
2826	2631	2352	2088	1814	1652	1478
Diamètre D en microns (Lord 1961, pages 104 et 153)						
8.9	9.2	10.0	10.7	11.9	12.6	13.7
N * D = Largeur en microns de lentille couverte par 1 mg de fibres d'1/8 de pouce de long						
25090	24330	23497	22463	21525	20802	20260
Quantité de lumière atteignant le capteur						
---	--	-	+	++	+++	++++*
Lectures d'amount						
++++	+++	++	+	-	--	---**

* : Quantités croissantes de lumière atteignant le capteur quand IM³⁶ croît.

** : Lectures décroissantes d'amount quand IM croît.

Nous avons également noté un possible effet de la couleur des fibres sur les niveaux de résultats. Nous avons vu également que le retrait des cires occasionne un changement de couleur des fibres qui induit des modifications dans les résultats.

B.4.4. La forme des fibres (ici représentée par les distributions MR et H des fibres) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.

Il s'agit de vérifier dans cette étude s'il existe un effet prédominant de la maturité (MR) et/ou de la finesse (H) sur la lecture de résistance à la CMI, pour évaluer l'importance et la signification du biais apporté pour des cotons de maturités particulières (faibles, fortes ...). Cette information tend à être vérifiée lorsque nous traitons des données d'essais mis en place dans des conditions de culture non adaptées pour les variétés plantées. La mesure de ténacité 'idéale' ne devrait pas être biaisée par d'autres caractéristiques de fibres telles que la maturité ou la finesse des fibres. En revanche, comme l'aire moyenne de la section droite des fibres plus mûres est plus importante que celle des fibres moins mûres pour une variété donnée, il est possible que la force requise pour casser les premières soit plus importante que pour casser les secondes. En compensation, la masse de fibres rompues va croître avec la maturité, de manière à ce que le rapport force sur masse de fibres reste probablement constant, aux défauts de structure près.

Afin de montrer l'existence d'effet quelconque de la maturité et/ou de la finesse sur les mesures de ténacité, il est nécessaire de regrouper des échantillons couvrant une vaste gamme de résultats de ces critères.

De manière opérationnelle, le choix s'est porté sur des échantillons de fibres de trois variétés cultivées en 1996 à Montpellier qui ont été sélectionnées au vu des résultats AFIS obtenus sur les fibres récoltées par position sur les plants. Ont été retenues les capsules pour lesquelles la masse de fibres disponible était supérieure à deux grammes :

- DES119 (codée D): 69 capsules ;
- N539 (codée N) : 49 capsules ;
- Prec XC25679 (codée P) : 38 capsules.

Afin de parvenir aux résultats espérés, le protocole de la Figure 73 a été respecté. Suite à une mesure AFIS, les capsules ont ensuite été regroupées en six classes croissante de valeurs de maturité :

[... à 0.80[; [0.80 à 0.825[; [0.825, 0.85[; [0.85, 0.875[; [0.875, 0.90[; [0.90, 0.95[à partir des données AFIS.

Tableau 4 : Répartition des capsules par variété et par classe de maturité.

Classe MR / Variété	D	N	P
[... à 0.80[	1	3	
[0.80 à 0.825[	3	11	2
[0.825, 0.85[	21	4	3
[0.85, 0.875[	14	10	11
[0.875, 0.90[	23	15	13
[0.90, 0.95[	6	6	9

Les analyses RST (à raison de 15 peignes par classe couvrant une large gamme de *base-amount*) et CMI (10 peignes par classe) ont été réalisées en prenant en compte le micronaire moyen déduit des analyses AFIS selon la formule de Lord.

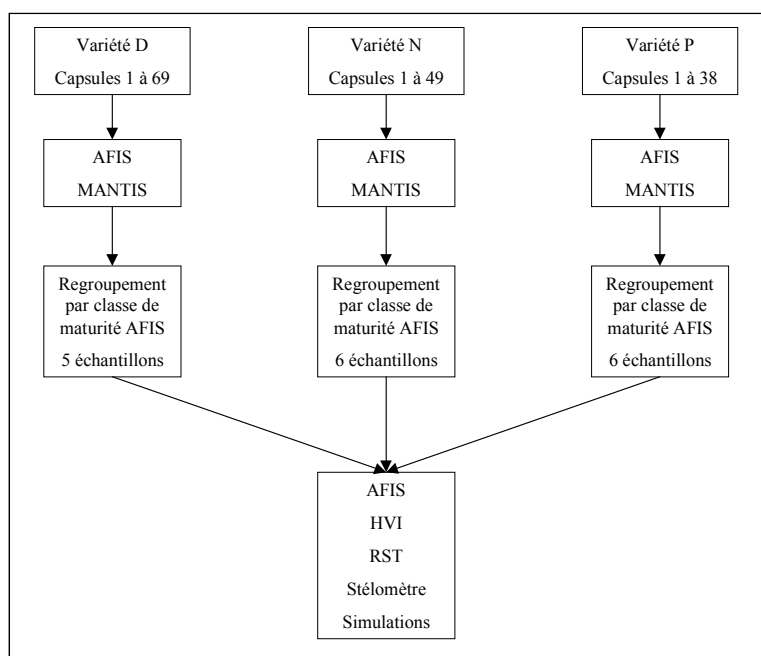


Figure 73 : Organisation de l'expérimentation à base de récoltes de fibres par position sur trois variétés de cotonnier.

La résistance des fibres mesurées individuellement sur appareil MANTIS ne semble pas influencée par la gamme de maturité des fibres sélectionnées. On peut dire que la ténacité CMI n'est pas affectée par un effet de la maturité des fibres, car il est probablement bien pris en compte par la correction apportée en fonction du micronaire (Figure 74).

Grâce à cette expérimentation, nous avons pu vérifier que l'effet du micronaire sur les résultats est confirmé. Nous avons également montré l'influence prépondérante de la finesse sur la maturité dans les modifications de résultats observés. Le fait que le degré d'épaississement de la paroi cellulosique des fibres n'affecte pas les résultats de dynamométrie pour une variété au moins constitue un résultat surprenant qu'il serait nécessaire de confirmer et expliquer.

L'utilisation dans cette expérimentation de fibres naturelles en très faible quantité constitue la limite de l'approche. En effet, pour démontrer cet effet de manière irréfutable, il serait nécessaire de fabriquer des fibres cellulosiques de mêmes formes générales que les fibres de coton, mais dont les propriétés de finesse et de maturité puissent être ajustées très précisément.

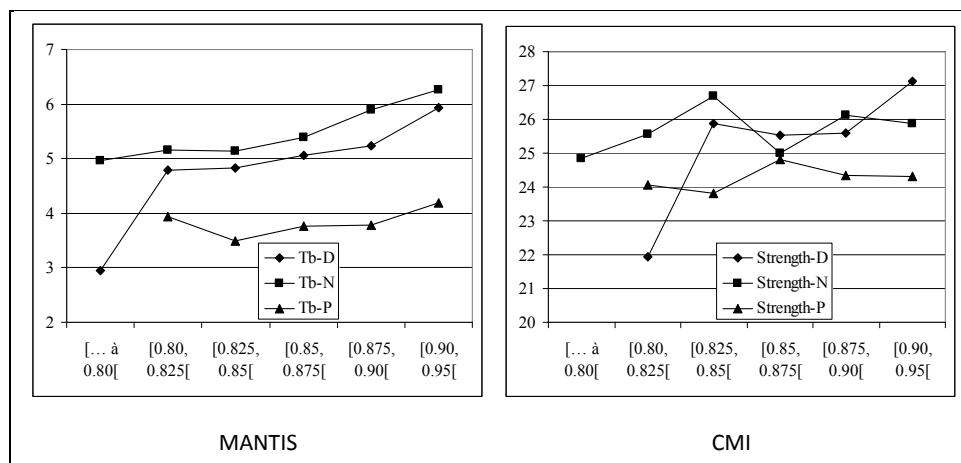


Figure 74 : Relevés de forces moyennes Tb de rupture Mantis (cN) et des ténacités CMI moyennes (strength, cN/tex) des échantillons regroupés en fonction de leur classe d'appartenance en maturité.

B.4.5. La couleur des fibres n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.

La quantité de lumière qui est absorbée, diffractée, dispersée et/ou transmise au travers du faisceau de fibres est dépendante du type d'illuminant (les CMI utilisent une lumière rouge de 650 à 660 nm de longueur d'onde), et du spectre d'absorption des fibres (Figure 72). Les lectures d'*amount* (masse optique) utilisées pour construire le fibrogramme sont également dépendantes de la sensibilité du capteur. Ainsi, dans une étude préliminaire, un coton du Mali teint en rouge, en bleu et en vert a montré des niveaux de ténacité très différents comparativement à la valeur enregistrée sur coton brut (plus de 10 cN/tex pour le coton teint en bleu) (Drieling, Bragg et al. 1998). Ceci a été expliqué par le spectre d'absorption très élevé dans la gamme des fréquences 600-700 nm. Cela a conduit à une mauvaise interprétation des masses optiques du coton bleu en comparaison aux autres cotons.

L'objectif de ce paragraphe est donc de modifier les caractéristiques de couleur d'un coton et d'étudier les conséquences de cette modification sur les résultats de mesure. Sachant que la classification des cotons est faite dans une gamme limitée de couleur, un coton a été teint dans 9 différentes couleurs par des combinaisons de pigments noirs et jaunes dans une solution de 40 ml/gramme de fibre et 20% de NaCl. Seul l'échantillon D0 n'a pas été teint et est demeuré blanchi (Figure 75). Grâce à la méthode RST, les lectures d'*amount* ont été collectées en même temps que des pesées de fibres étaient réalisées.

Les résultats montrent une interaction de la couleur sur les mesures de ténacité. Une explication de ces résultats est la suivante :

- quand un faisceau de fibres pénètre dans le capteur optique, les premières lectures d'*amount* ne sont pas significativement affectées par la couleur des fibres. Dans ce cas, il peut s'agir d'une mesure par transmission de lumière ;
- puis le nombre de fibres augmente quand le faisceau continue à pénétrer dans le capteur optique, et une interaction croissante entre la lumière et les fibres apparaît. De la diffusion, de la diffraction et/ou de l'absorption s'ajoute à la transmission et provoque une importance croissante à la couleur des fibres dans l'estimation de la masse des fibres. Dans ce cas, les coefficients de corrélation (Figure 75) deviennent significatifs (le seuil de signification au risque de 5% est de 0.666). Notons que le spectrophotomètre apporterait de meilleures corrélations dans certaines zones d'*amount* avec une estimation du degré de jaune.

En conclusion, la mesure optique des CMI de la distribution des longueurs commence par une mesure en transmission quand il y a peu de fibres présentes. Puis, quand le nombre de fibres augmente, une

interaction croissante entre la lumière et les fibres intervenant provoquant de la diffraction, de l'absorption et/ou de la diffusion de lumière. Dès cet instant, les paramètres de couleur des fibres affectent les estimations de masses des fibres.

Nous avons vu également que le retrait des cires occasionne un changement de couleur des fibres qui induit des modifications dans les résultats. Or il est probable que le jaunissement des fibres de coton soit surtout lié à une dégradation des cires. Donc, analyser le même coton à différentes dates espacées dans le temps peut conduire à des résultats différents (en dehors de la dégradation de la cellulose probable également et des conditions d'échantillonnage) simplement du fait de la dégradation des cires.

Au paragraphe B.1.11, nous avons parlé d'une dérive possible dans l'établissement des valeurs de ténacité de certains types de standards de référence vers des valeurs plus élevées. Ces expérimentations ont été réalisées sur des cotons qui ont été stockés pendant quelques années pouvant occasionner un jaunissement des fibres. Or, si cela est vérifié, la conclusion de ce paragraphe montre que la ténacité baisse avec le degré de jaune et s'ajouterait à la dérive déjà constatée. En pratique, la demande pour un meilleur contrôle de l'établissement des cotons standards est renforcée.

B.4.6. La distribution des longueurs de fibres dans les échantillons n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité.

B.4.6.1. Expérience en une coupe

L'objectif est d'étudier l'effet de la modification des paramètres de longueur des échantillons sur la mesure de résistance de rupture mesurée par CMI, avec comparaison des réactions en utilisant d'autres appareils de mesure comme le Stélomètre, deux méthodes différentes de RST, le Mantis et les CMI.

Les dispositifs mécaniques de pincage des fibres nécessitent cependant une longueur minimale de certaines fibres du faisceau pour que le test de dynamométrie puisse être réalisé. Il s'ensuit que, pour qu'elles puissent participer à un test de dynamométrie, les fibres les plus courtes doivent au moins dépasser de 12.5 mm du peigne. Cependant cette distance est plus facile à atteindre dans le cas de cotons longs que pour les cotons courts.

Pour parvenir à démontrer un effet de la longueur des fibres, il est nécessaire de sélectionner des cotons différents et d'en affecter la longueur par un moyen quelconque, une coupe par un moyen mécanique par exemple. En émettant l'hypothèse que les points de moindre résistance sont disposés aléatoirement le long de chaque fibre individuelle, quelle que soit la longueur des fibres de chacun des cotons, aucun effet de la longueur des fibres ne devrait être décelé sur les niveaux de mesure de la ténacité. Les fibres de cinq cotons ont été 'coupées' grâce à un massicot de manière à en changer la distribution des longueurs. Cinq cotons (1243, 28463, 28764, Gua2 et B26) ont été choisis de manière à respecter certaines contraintes. Chacun des 5 cotons a subi les opérations décrites en Figure 76 et Figure 77. Ces dispositions ont été réalisées avec l'objectif que seule la coupe des fibres différencie la méthode de préparation des échantillons avant analyses. Ce protocole a été réalisé deux fois par coton pour évaluer la répétabilité de l'opération de coupe et a permis l'analyse des données en ajoutant un effet bloc dans les analyses de variance. Tous les échantillons ont été conditionnés au moins 24 heures dans une atmosphère normale, et ont été testés sur FMT3, AFIS, CMI, Mantis, Stélomètre et RST04 et RSTXX.

Les résultats ont montré que la coupe n'a pas affecté les lectures du FMT3, et les valeurs de micronaire issues de ces analyses peuvent être saisies sur CMI comme valeur caractéristique des échantillons coupés et non coupés. Les paramètres ML, UHML et UI% sont affectés : comme prévu, la coupe a occasionné un changement dans la distribution des longueurs de fibres (Tableau 5). Un effet hautement significatif est observé pour la ténacité *strength*, montrant la sensibilité des mesures de ténacité à la CMI à un changement de distribution de longueur des fibres (Figure 78). Un écart moyen de 3.0 cN/tex (pour une gamme d'écarts allant de 2.5 à 3.6 cN/tex) est noté entre les cotons coupés et ceux qui ne le sont pas (Gourlot, Lassus et al. 2002; Gourlot, Renner et al. 2003).

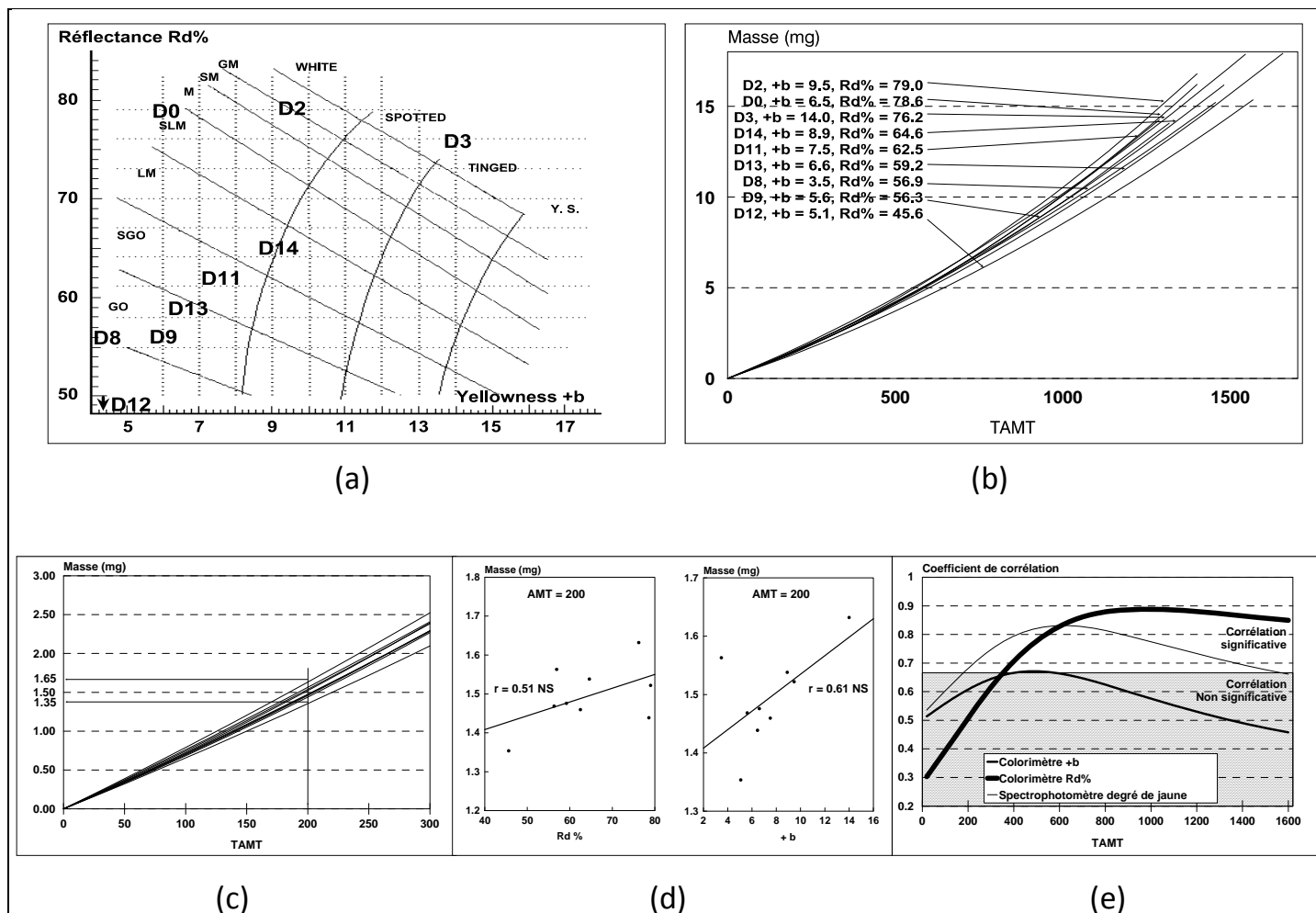


Figure 75 : (a) Couleur des cotons sélectionnés représentés dans le graphe de couleur de l'USDA. (b) Relations WGT en fonction des valeurs TMT pour les 9 cotons teints. (c) Relation masse vs TMT limitée dans une gamme restreinte d'AMT=300. (d) Effet sur les estimations de masse de fibres. Relation entre les masses estimées et les caractéristiques de couleur des cotons pour AMT=200. (e) Coefficients de corrélation entre les paramètres de couleur et les masses de fibres pour une large gamme d'AMT et pour les 9 cotons teints.

Toutes les interactions relevées (Figure 79 à Figure 82) ne permettent pas de conclure à une modification de l'ordre de classement des variétés entre les états, mais laissent à penser qu'il est possible que le classement des variétés puisse changer dans une gamme plus large de caractéristiques. Or les cotons choisis pour cette expérimentation couvrent une gamme très large de longueur. Nous pouvons donc conclure à un effet statistiquement significatif mais sans implication pratique importante.

Les analyses de dynamométrie fibre par fibre au Mantis ont été réalisées pour vérifier l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas de changement de ténacité quand on compare les résultats sur une fibre entière ou quand elle a été coupée en deux. La coupe des fibres n'a pas induit de changement de niveau moyen de force ni d'allongement enregistrés de rupture. Notons cependant que les fibres prélevées dans les échantillons pour une analyse Mantis sont les fibres probablement les plus longues. Donc, dire que la coupe n'a pas affecté la lecture de résistance, c'est dire que c'est la résistance des fibres les plus longues qui n'est pas affectée. Il n'y a pas de possibilité pour l'instant de conclure pour les autres fibres.

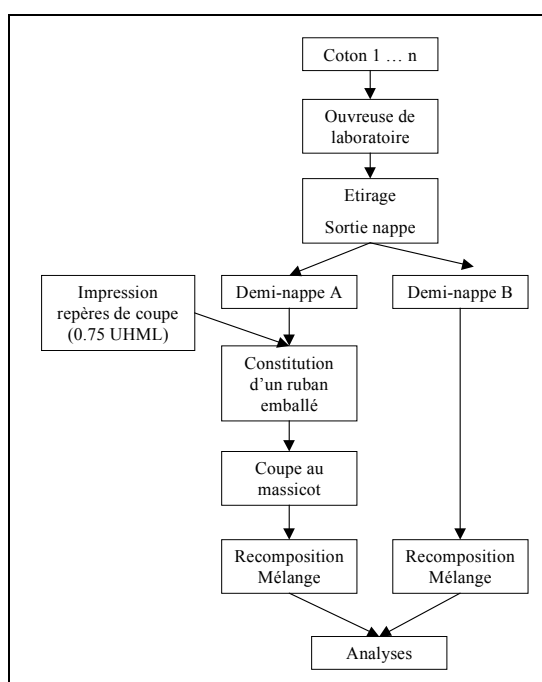


Figure 76 : Schéma de l'expérimentation sur les coupes de fibres.

Tableau 5 : Relevé des moyennes par variété et par niveau du facteur coupe pour les résultats CMI.

Variété	1243		28463		28764		B26		Gua2	
Coupe	C075	NC	C075	NC	C075	NC	C075	NC	C075	NC
ML	18.48	23.19	19.56	25.08	21.14	27.40	15.94	20.54	17.81	22.60
UHML	23.96	28.29	25.01	29.68	27.18	32.94	20.98	25.32	23.10	27.70
UI	77.12	81.95	78.18	84.52	77.76	83.16	75.97	81.12	77.11	81.56
Strength	26.55	29.35	28.64	31.56	36.31	39.38	19.78	22.26	25.23	28.86

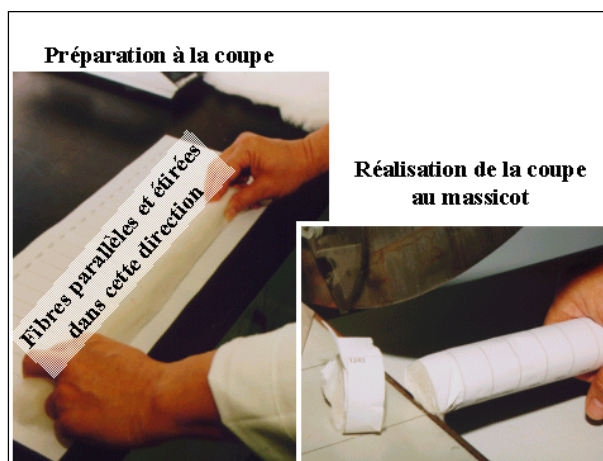


Figure 77 : Vue photographique de la préparation et de la coupe au massicot des échantillons de fibres (Clichés Gourlot, 1999).

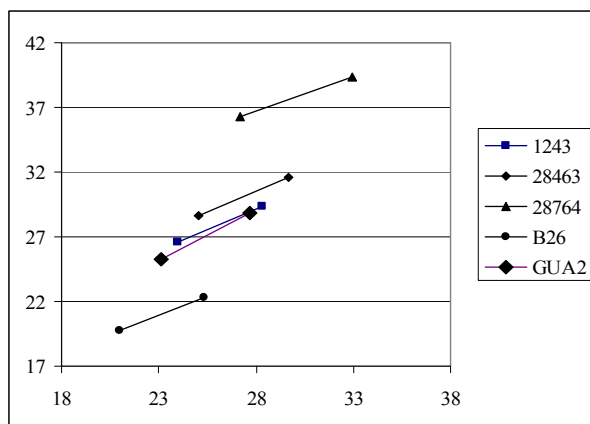


Figure 78 : Illustration de l'effet de la coupe : relation entre la strength (cN/tex) et la longueur UHML (mm) des fibres.

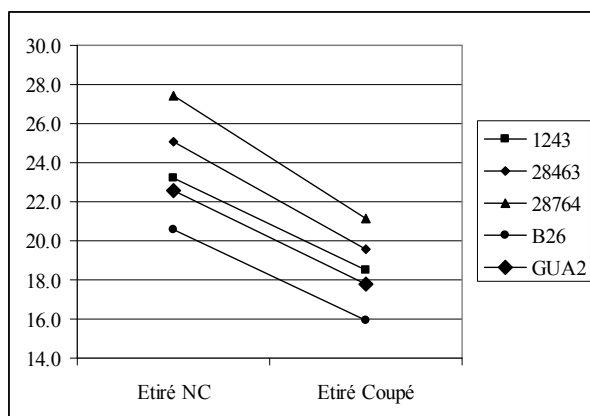


Figure 79 : Représentation de l'interaction constatée pour la Mean Length exprimée en mm.

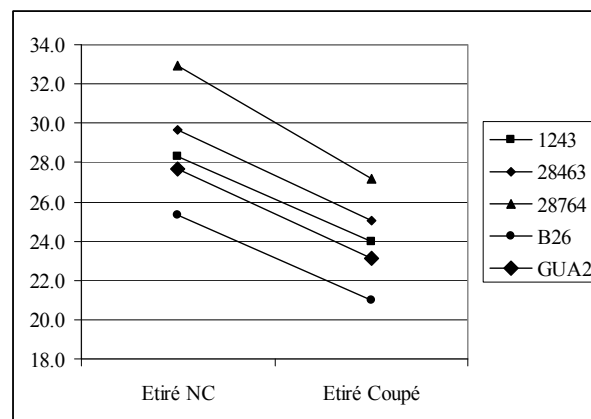


Figure 80 : Représentation de l'interaction constatée pour l'Upper Half Mean Length exprimée en mm.

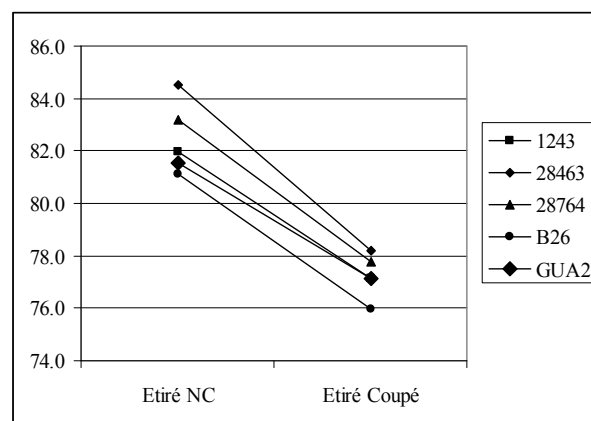


Figure 81 : Représentation de l'interaction constatée pour l'Uniformity Index exprimé en %.

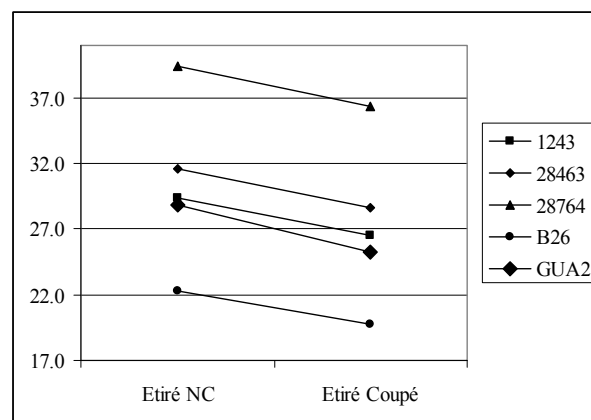


Figure 82 : Représentation de l'interaction constatée pour la Strength exprimée en cN/tex.

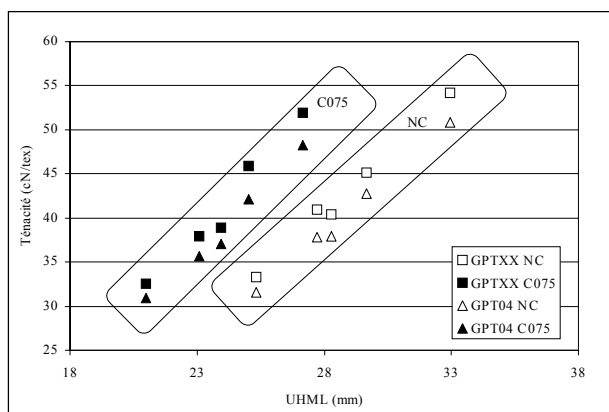


Figure 83 : Relations entre les lectures de ténacités lues sur les dispositifs RST et la longueur des fibres.

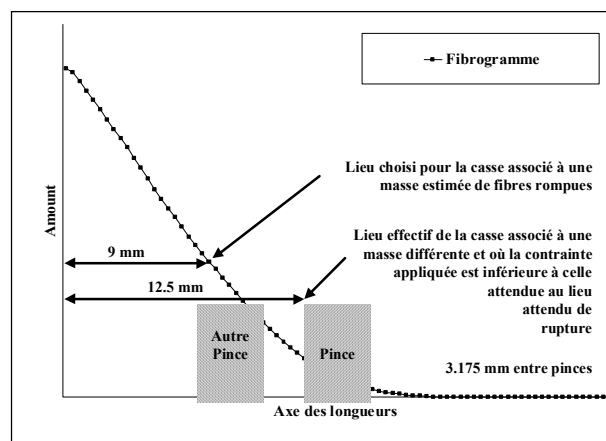


Figure 84 : Illustration de l'erreur possible de positionnement des pinces de traction de la CMI et/ou du RST quand les fibres sont trop courtes.

En comparant les résultats obtenus avec les deux versions de logiciel RST, nous observons que le choix de l'approche logicielle des données ne change pas la sensibilité des résultats aux facteurs de variation mis en œuvre ici (Figure 85). Cependant, l'écart de ténacité entre les échantillons coupés ou non reste du même ordre de grandeur. En effet, on relève un écart de ténacité de 1.4 cN/tex (significatif au seuil 0.1%, RST04) et de 1.4 cN/tex (significatif au seuil 5%, RSTXX) selon la longueur des fibres mis en évidence par l'opération de coupe des fibres. Le choix du système ne pourra se faire qu'au regard de considérations théoriques sur la validité des approches mises en œuvre dans les logiciels.

Malgré le fait que les résultats sont issus des mêmes données brutes unitaires, les niveaux moyens de lecture de ténacité sont légèrement différents pour les deux logiciels (+2.60 cN/tex pour RSTXX). Cette remarque est expliquée par le fait qu'une régression polynomiale utilisée par le logiciel RSTXX permet l'estimation de la masse de fibres rompues WGT moins élevée en comparaison à celle estimée par une proportionnalité entre la masse et l'*amount* (Équation 6) simplifiée en Équation 7 (Figure 85). L'important à noter ici est que le système RST, bien que reposant sur une véritable opération de coupe et de pesée des fibres rompues, est encore biaisé par les longueurs pour la mesure de la ténacité, bien qu'en moindre mesure par rapport au système CMI.

$$WGT = a.TAMT^2 + b.TAMT + c$$

Équation 8

Comme le capteur doit afficher 0 quand il n'y a pas de fibres, la constante c est forcée à 0. Le polynôme est donc modifié (Équation 9). Par ailleurs, dans tout cet ouvrage, il a été vérifié que les constantes c de ces relations n'étaient pas significativement différentes de 0.

$$WGT = a.TAMT^2 + b.TAMT$$

Équation 9

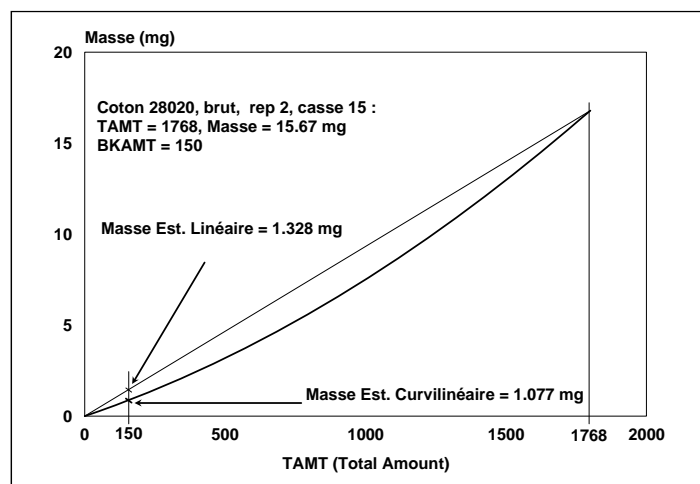


Figure 85 : Calcul de la masse de fibres rompues selon les deux modes de calcul : proportion (RST04) et régression polynomiale (RSTXX).

L'explication des biais dans la mesure de la ténacité en fonction de la coupe des fibres est la suivante : par exemple, en supposant que le choix de la casse se situe à une longueur UHML de 15 mm par rapport au peigne, alors que la distance minimum entre le peigne et la face avant de la pince arrière de traction est de 12.5 mm, il paraît évident que les résultats seront biaisés, sauf si le test se révèle impossible à réaliser. Par exemple, le lieu théorique de la casse étant autour de 9 mm (qui approche une SL 30 % du coton de UHML = 15 mm), la pince ne peut être placée qu'à 12.5 mm par limitation mécanique (Figure 84). La casse concerne alors moins de fibres qu'espéré, la force est donc inférieure pour une masse de fibres estimée à une position de 9 mm ; la valeur de la ténacité diminue.

En conclusion, tout se passe comme si la CMI calcule la masse des fibres rompues et le lieu où aura lieu la rupture avant d'exécuter la casse de fibre. Ensuite :

- Quand les fibres sont longues, le chariot porte-peigne se déplace pour placer les fibres de manière à ce que le lieu de rupture coïncide avec l'avant de la pince arrière. Le test est effectué et l'enregistrement de la force est réalisé. Dans ce cas, la *strength* est calculée sans erreur de positionnement des pinces de traction.
- Quand les fibres sont courtes, le chariot porte-peigne se déplace pour placer les fibres de manière à ce que le lieu de rupture coïncide avec l'avant de la pince arrière. Mais comme les fibres sont trop courtes, le chariot porte-peigne s'avance jusqu'à la butée finale, sans réussir la mise en place effective des fibres dans les pinces. Le nombre de fibres à rompre est donc moindre que celui espéré. Le test est effectué et l'enregistrement de la force est réalisé. Cette force nécessaire de rupture est évidemment plus faible que celle normalement attendue au lieu théorique choisi (sous-entendu pour un nombre de fibres plus grand que celui observé dans les pinces au moment du test). La force étant plus faible pour une masse 'normale', la ténacité, rapport des deux grandeurs, est donc plus faible quand les fibres ont été raccourcies.

En conclusion, les mesures de ténacité par CMI / RST sont plus ou moins biaisées en fonction de la longueur des fibres alors qu'elles ne devraient pas l'être selon l'hypothèse posée. Les mesures RST sont biaisées quand les fibres sont trop courtes pour être pincées au lieu défini, et il est probable que le même problème existe dans le cas des casses CMI selon le mode de sélection du point de pincage selon l'*amount*.

Cependant, il est utile de vérifier l'importance de ce biais selon la longueur des fibres en jouant sur le coefficient de coupe des fibres. C'est l'objectif du prochain paragraphe.

B.4.6.2. Expérience en quatre coupes

Alors qu'un différentiel de ténacité est observé quand les fibres sont coupées à 0.75 UHML, il faut maintenant vérifier l'ampleur du phénomène quand les fibres sont coupées à d'autres coefficients de coupe ou en d'autres termes quand des fibres encore plus courtes sont analysées par CMI. Il est en

effet possible qu'un plateau apparaisse dans la relation ténacité en fonction de la longueur de coupe, et cette information doit être vérifiée, en particulier pour ses implications dans les programmes d'amélioration variétale.

La même méthodologie que précédemment est appliquée à deux cotons indépendants (1243 et Pima L4) comme illustré en Figure 86. Cinq échantillons de chacun des deux cotons sélectionnés sont constitués pour subir une homogénéisation par ouvreuse de laboratoire. Les masses de fibres collectées sous forme de nappes sont étirées sur le banc d'étirage afin de paralléliser et allonger au mieux les fibres récupérées. Une demi-nappe A est collectée par échantillon et est enroulée dans un papier gradué de telle sorte que les longueurs de coupes suivantes soient réalisées : non coupé (NC), coupe à 50% de UHML (C050), coupe à 62 % de UHML (C062), coupe à 75 % de UHML (C075) et coupe à 87 % de UHML (C087). Les autres demi-nappes B restantes sont conservées sans coupe. Deux répétitions de l'ensemble des traitements par échantillons ont été réalisées pour vérifier la reproductibilité des opérations et des résultats.

Le micronaire n'a pas été affecté par la coupe. A la CMI, les résultats sont donnés en Tableau 6. Il existe un effet significatif de la coupe sur tous les critères mesurés par CMI, en particulier sur la ML et la ténacité (Figure 87 et Figure 88).

Alors que l'effet de la coupe est attendu pour les paramètres liés à la longueur des fibres, cet effet hautement significatif n'était pas attendu sur les lectures de ténacité selon l'hypothèse posée. La longueur des fibres aurait donc un effet significatif sur les mesures de résistance de rupture par CMI.

Notons que le coton le plus long (Pima L4) semble moins affecté par la coupe que le coton plus court du fait que la longueur UHML des échantillons est plus élevée pour le coton long, même quand les fibres sont coupées. Bien que l'interaction ne soit pas significative, un écart de 4.8 cN/tex est noté entre le coupe 50 % et le non-coupé pour la variété 1243, et un écart de 7.8 cN/tex pour la variété Pima L4 respectivement. Cet effet ne peut pas être négligé (Figure 88).

Tableau 6 : Relevé des moyennes par variété et par niveau du facteur coupe pour les résultats CMI.

Variété Coupe	1243					Pima L4				
	C050	C062	C075	C087	NC	C050	C062	C075	C087	NC
ML	14.72	16.65	18.44	19.30	23.32	16.28	18.27	20.14	21.19	26.02
UHML	21.04	22.41	23.90	24.65	28.40	22.80	24.27	25.92	26.90	31.40
UI	63.9	74.3	77.1	78.3	82.1	71.4	75.3	77.7	78.8	82.9
Strength	24.02	25.43	26.16	26.78	28.82	33.83	34.58	36.52	37.63	41.27

Au Mantis, les résultats montrent que l'hypothèse de départ de l'expérimentation – à savoir que la coupe de fibre ne modifie pas fondamentalement les caractéristiques dynamométriques des fibres – tend à être vérifiée. En conséquence, tout changement de niveau de lecture sur les autres dynamomètres avec les échantillons coupés pourra être considéré comme relatif à une interaction non désirée de la mesure de la longueur des fibres avec celle de la ténacité.

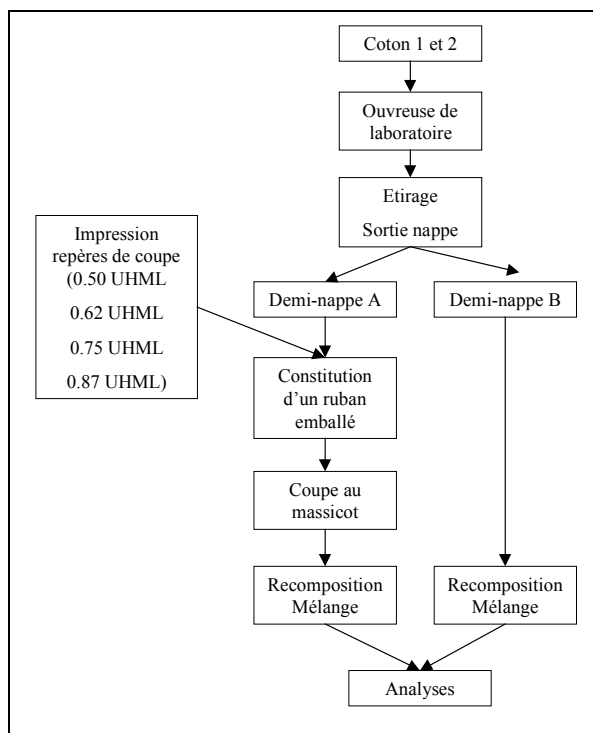


Figure 86 : Expérimentation complémentaire en quatre coupes de fibres.

Au RST, le changement de longueur de fibre causé par la coupe des fibres a eu un effet significatif sur plusieurs paramètres qui permettent de régler le positionnement des pinces de traction (BKAMT, TAMT) ou des relevés d'informations (force PFC) qui permettent de calculer la ténacité. Cependant, la coupe des fibres n'a pas eu d'effet significatif sur la ténacité, ce qui indique que des effets significatifs se sont probablement compensés pendant cette expérimentation. En revanche, l'information d'allongement a été affectée par la longueur des fibres.

Au vu des représentations graphiques des données (Figure 89 et Figure 90), il semble qu'en-dessous d'une certaine longueur de fibre, des problèmes commencent à apparaître dans le positionnement des pinces de traction. En effet, il semble que la variété 1243, coupé à 50 % indique le début d'un décrochement des valeurs de ténacité en fonction de la longueur.

Les instruments de mesure de la résistance de rupture des fibres de coton testés ici semblent affectés à divers degrés par le changement de longueur des fibres. Les résultats des deux expérimentations sur l'effet de la longueur sont comparables. Nous avons pu mettre en avant une possible saturation du capteur optique dans la mesure des longueurs, surtout quand les fibres sont nombreuses dans son champ de mesure près du peigne. Ainsi, des masses de fibres différentes sont relevées alors que les fibres sont plus courtes et qu'il y a la même quantité optique à la fois à la première lecture et sous l'intégralité du fibrogramme.

Une solution pour éviter cette saturation serait de réduire la valeur des bornes de la plage acceptable de masses dans les peignes, et au besoin de la valider en fonction des longueurs des fibres. Cela aurait également l'avantage de diminuer l'interaction de la couleur déjà relevée plus tôt. Cependant, les limites de validité ne devront pas être trop basses pour assurer des variabilités acceptables dans les résultats CMI sans avoir à multiplier les mesures (compromis entre les coûts et les précisions à assurer, en particulier en amélioration variétale et pour la classification commerciale).

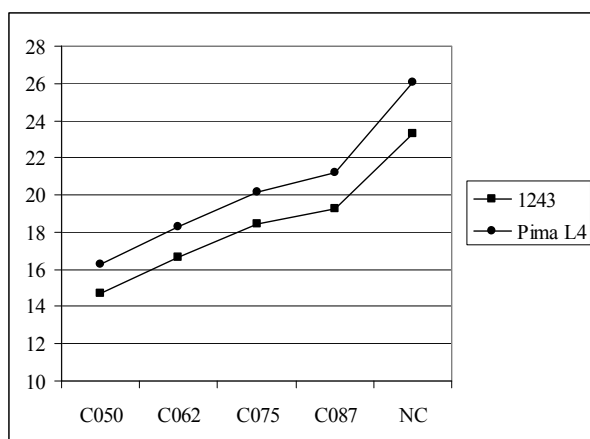


Figure 87 : Représentation de l'interaction variété / état pour deux variétés sur la ML exprimée en mm.

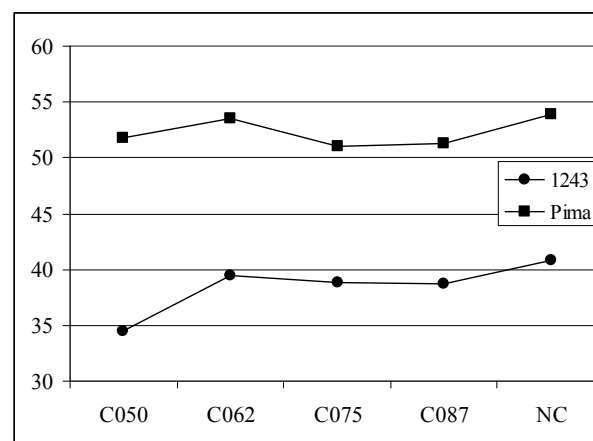


Figure 89 : Représentation des résultats de ténacité en fonction de la coupe et de la variété pour RST04.

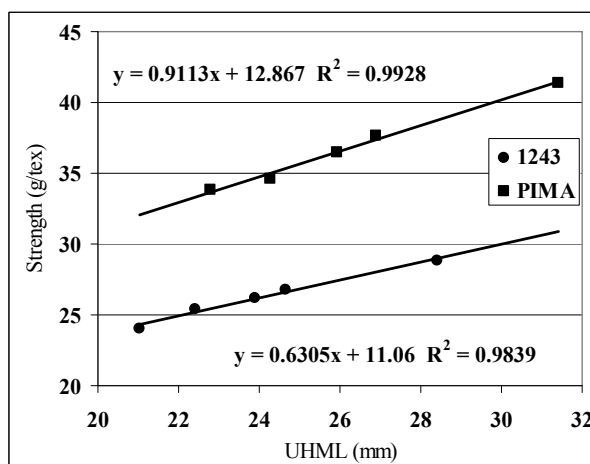


Figure 88 : Relation entre Strength et UHML pour deux variétés.

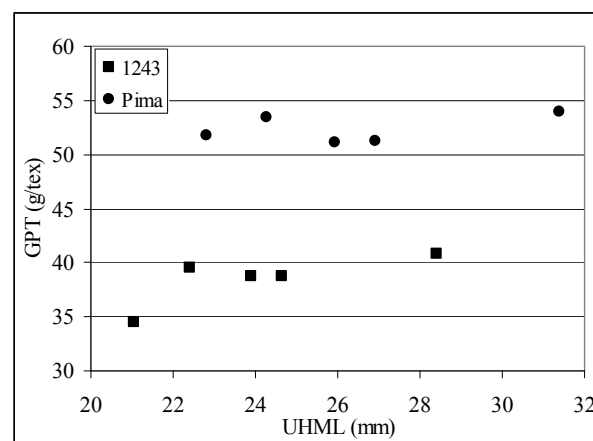


Figure 90 : Relation entre les résultats de ténacité en fonction de UHML pour les deux variétés.

B.4.7. Relations générales et vérifications des résultats observés

Cette expérimentation alliant caractérisations des fibres, fabrication de filés et caractérisations des filés a pour but de vérifier si les biais constatés dans les mesures de ténacité sur fibres affectent la qualité de prévision de la ténacité du fil. Dix-sept cotons non collants de différentes provenances sont utilisés ici sur tous les appareils décrits au chapitre A. Des gammes larges sont couvertes pour chacune de leurs caractéristiques.

En prenant toutes les précautions d'usage, les fibres ont été caractérisées et des échantillons indépendants ont été filés par filature à bouts libérés (Open end, OE) en 27 tex et par filature conventionnelle à anneaux et curseurs (RS) en 25 tex. Nous avons utilisé les réglages usuels des machines, à savoir qu'ils sont optimisés en fonction de la longueur et de la finesse des cotons selon le protocole habituel.

Environ 127 caractéristiques technologiques ont été mesurées sur les fibres utilisées et les filés fabriqués dans cette expérimentation (Gourlot 2002) :

- Trashcam sur nappe (100 dpi) pour s'assurer que des SCF ne perturbent pas les relations à calculer entre caractéristiques de fibres et celles du fil (Krifa, Gourlot et al. 2001a) ;

- CMI avec 10 peignes par échantillon pour les caractérisations des longueurs et de la dynamométrie ;
- FMT avec 2 mesures par échantillon ;
- Colorimétrie avec 4 mesures par échantillon ;
- Trashcam sur plaquette de fil (200 dpi) pour s'assurer que des SCF ne perturbent pas les relations à calculer entre caractéristiques de fibres et celles du fil ;
- Tensorapid 20 secondes, 160 casses par échantillon ;
- Tensorapid 0.3 secondes, 160 casses par échantillon ;
- UT 3 selon méthode habituelle du laboratoire pour vérifier que les imperfections présentes ne modifient pas les relations fibre – fil.
- On y a ajouté les résultats de simulations de mesures de ténacité en faisceaux à partir des données Mantis.

B.4.7.1. Relations entre résultats des caractérisations des fibres

Pour ce qui concerne l'effet des longueurs (au travers de l'examen des corrélations des critères ML, UHML, UI) sur les mesures de ténacité, de nombreuses corrélations sont significatives (au seuil 5 %), voire très significatives (au seuil 1 %). Au vu des niveaux élevés des corrélations relevés sur les résultats sur faisceaux, un effet du biais de mesure de la ténacité en raison des longueurs de fibres semble assez probable sur les mesures sur faisceaux de fibres, en particulier pour les cotons les plus courts. Il apparaît que la ténacité est plus forte quand les fibres sont longues ($T1^{37}/UHML : r = 0.96$; $CMI/UHML : r=0.986$, Figure 91).

Cette figure indique un lien très fort entre la longueur et les ténacités mesurées sur faisceaux de fibres (plat ou en pointe) confirmant ainsi l'adage selon lequel plus les fibres sont longues, plus elles sont fines et plus elles sont tenaces (mais tout dépend de ce que l'on attend d'une mesure de ténacité...). Pour ce qui concerne la finesse, elle est corrélée de manière significative (au seuil 5 %) dans cette expérimentation avec les ténacités. On peut expliquer cette relation comme suit : pour un même *amount* ou une même masse de fibres rompues, il y a un plus grand nombre de fibres présentes et la force de rupture a tendance à augmenter, accroissant ainsi artificiellement leur ténacité.

Dans le même temps, les résultats de force de rupture du Mantis, obtenus à partir de tests sur fibres individuelles, sont corrélés à des niveaux inférieurs ($Tb / UHML : r= 0.59$, significatif au seuil 5%) aux longueurs de fibres (Figure 92). En isolant les fibres de *G. Hisutum*, cette corrélation devient non significative ($r=0.22$, ns), alors qu'elle continue de l'être dans les mesures sur faisceaux de fibres ($r=0.915$, hautement significatif). Cela est conforme à l'expérimentation des coupes de fibres. Il semble que le Mantis mesure bien des résistances de structures des fibres.

Ainsi, l'arrangement structural de ces fibres longues serait meilleur que pour les fibres courtes. Cette hypothèse est particulièrement confirmée pour les cotons 'longue soie' (E04, D05, 28764, les trois cotons les plus longs dans les deux figures ci-dessus).

B.4.7.2. Relations entre résultats des caractérisations des fibres et celles des filés

Les corrélations simples significatives au seuil 5 % indiquent que toutes les mesures de ténacité sur faisceaux de fibres (CMI, Stéломètre, RST 04 et RSTXX) sont nettement liées aux informations de ténacité des filés OE et RS. Il serait intéressant de mettre en place une expérimentation pour mettre en évidence les raisons de ces niveaux de corrélation si élevés en comparaison aux résultats des autres équipes de recherche.

Comme il n'y a pas de différence dans les comptages des débris de coque dans la fibre (TrFib) entre les différentes variétés testées et qu'il n'existe pas de corrélation entre les comptages sur filés (TrOE, TrRS) avec tous les critères de qualité, on peut penser que les débris de coque n'ont pas apporté de biais significatif dans l'expression de la ténacité des filés.

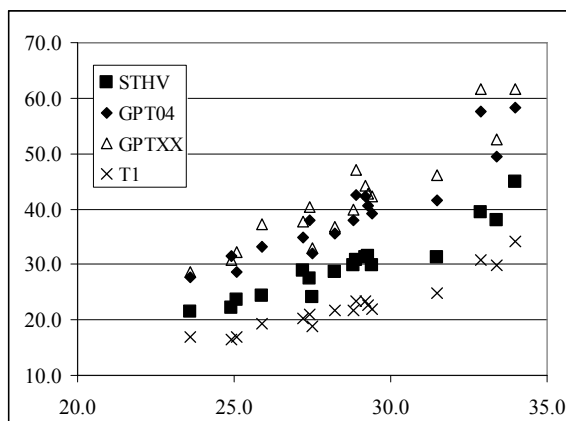


Figure 91 : Relations entre les résultats de ténacités (cN/tex) mesurées sur faisceaux de fibres et la longueur UHML (mm). Avec STHV : ténacité CMI, GPT04 : ténacité avec RST04, GPTXX : ténacité avec RSTXX et T1 : ténacité au Stéломètre.

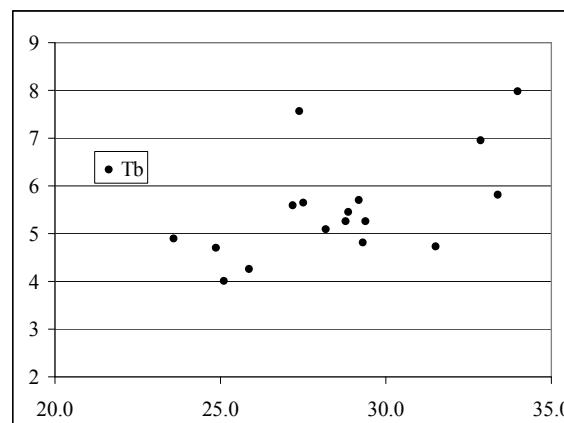


Figure 92 : Relations entre les résultats de forces de rupture (cN) mesurées sur Mantis et la longueur UHML (mm).

Le fait de mesurer la ténacité en mesurant la masse de fibres rompues dans les méthodes RST n'apporte pas d'amélioration dans la corrélation avec la ténacité des filés.

L'explication des ténacités des fils par la seule ténacité CMI explique environ 92 % des variabilités observées sur les résistances des fils RS et environ 81 % de celles des filés OE (Figure 93).

Les corrélations entre les forces de rupture mesurées sur Mantis et les informations de dynamométrie sur les filés sont en revanche nettement moins élevées tout en restant significatives au seuil de 5% (Figure 94). Cependant, il serait possible d'utiliser les résultats de simulations à partir des données Mantis pour montrer que les résultats sont beaucoup plus satisfaisant, surtout quand des valeurs de *crimp* sont choisies judicieusement (Figure 95 et Figure 96).

Tableau 7 : Liste des principales relations explicatives de la force de rupture du fil RS 25 tex à partir des critères de fibres.

Critères / variables proposé(e)s														Equation (avec les paramètres affichés dans l'ordre de leur entrée dans l'équation régressive)				R ²
FMT				CMI				Mantis				Couleur		Stélomètre				
IM	MR	H	Hs	ML	UH ML	UI	St ₃₈	EL ₃₉	Tb	Dep	Var Tb	Var Dep	Rd	+b	T1	E1 ₄₀		
X	X	X	X		X		X						X	X			29.38 UHML – 447.4	0.90
X	X	X	X				X						X	X			12.21 St – 0.69 Hs + 182.4	0.96
X	X	X	X										X	X	X		15.80 T1 – 0.55 Hs + 157.47	0.95
X	X	X	X						X	X			X	X			-2.34 Hs + 42.13 Tb – 444.06 MR + 1035.05**	0.80

Probabilité d'entrée d'un critère dans l'équation : 5 % , probabilité de rejet d'un critère dans l'équation : 1 % . ;

** peu recommandable car Mr intervient dans Hs et sont des paramètres non-indépendants.

Tableau 8 : Liste des principales relations explicatives de la force de rupture du fil OE 27 tex à partir des critères de fibres.

Critères / variables proposé(e)s														Equation (avec les paramètres affichés dans l'ordre de leur entrée dans l'équation régressive)				R ²
FMT				CMI				Mantis				Couleur		Stélomètre				
IM	MR	H	Hs	ML	UH ML	UI	St	EL	Tb	Dep	Var Tb	Var Dep	Rd	+b	T1	E1		
X	X	X	X		X		X						X	X			10.64 St + 16.41	0.82
X	X	X	X				X						X	X			10.64 St + 16.41	0.82
X	X	X	X										X	X	X		13.37 T1 + 31.35	0.81
X	X	X	X						X	X			X	X			-1.82 H + 37.2 Tb + 446.75	

Probabilité d'entrée d'un critère dans l'équation : 5 %.

Probabilité de rejet d'un critère dans l'équation : 1 %.

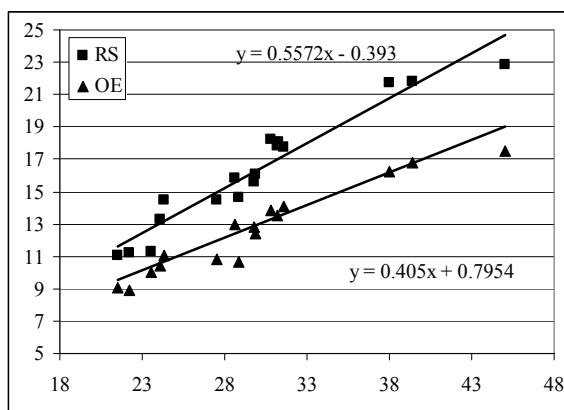


Figure 93 : Relation entre les ténacités des filés OE et RS et la ténacité CMI.

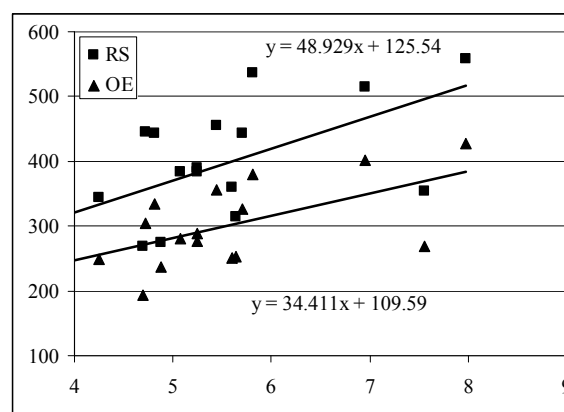


Figure 94 : Relations entre les forces de rupture des filés OE et RS (cN) et les forces de rupture Mantis (cN).

Les relations entre qualité des fibres et la force de rupture des fils OE et RS montrent que :

- La micro-filature du Cirad n'est pas complètement adaptée pour filer des fibres longues soies. En effet, ces cotons 'tirent' les relations indiquées. On peut aussi penser que ces cotons pourraient être transformés avantageusement en fil plus fins.
- La ténacité CMI seule et/ou la ténacité mesurée au Stéломètre parviennent à expliquer une grande part de la variabilité des résultats de force de rupture des filés observés.
- La force de rupture Mantis, en association avec d'autres critères, parvient à expliquer cette variabilité dès lors que la gamme de longueur des fibres est élargie aux cotons 'longue soie'.

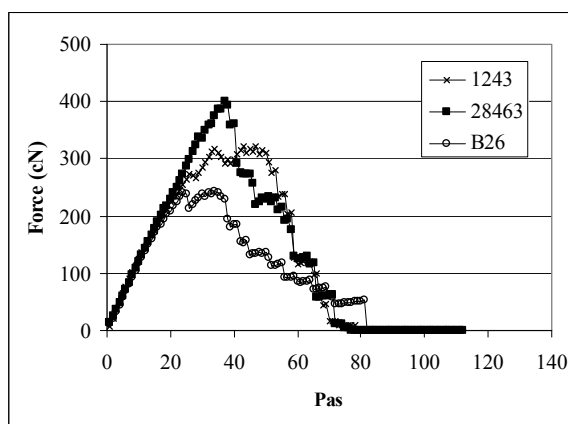


Figure 95 : Exemple de simulations sans crimp réalisées à partir de 100 fibres de 3 cotons différents.

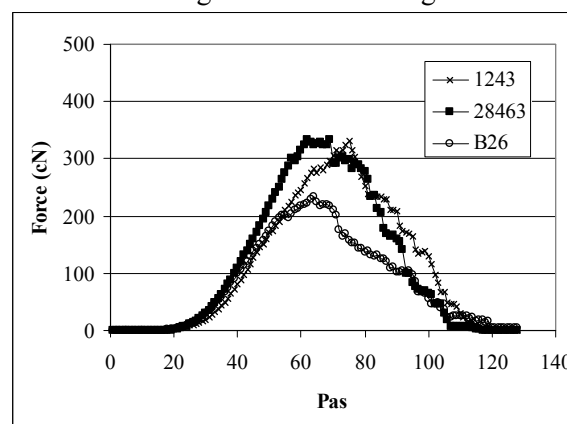


Figure 96 : Exemple de simulations avec crimp ($\bar{u} = 0.4$, $\sigma^2 = 0.01$) réalisées à partir des cent mêmes fibres des 3 cotons différents.

B.4.7.3. Réalisation des simulations

L'objectif de la création de ce logiciel Idéal99 était de tenter de prévoir le comportement des fibres lors de tests sur les différents appareils de mesure sur fibres comme sur filés. Une contribution particulière peut être apportée par les simulations de casses en faisceaux de fibres. Par exemple, des séries de cent simulations ont été réalisées par coton en tirant 100 fibres dans un extrait des populations disponibles (décrites dans le Tableau 9). Les mêmes sélections de fibres ont été utilisées dans des simulations avec et sans *crimp*.

Tableau 9 : Nombre de fibres dans les populations d'origine (17 cotons).

Coton	Nombre de fibres dans la population
27742	1033
27992	1133
28020	1037
28463	1335
28671	1178
28764	946
B26	200
C36	205
C38	167
Dd5	110
E4	206
G17	197
Gua2	159
I26	222
Irma 1243	151
Irma Blt	152
P288	159
Stam	159

Les corrélations entre les différentes mesures de ténacité avec la force moyenne Tb au Mantis sont relativement faibles en comparaison avec celles qui existent avec les résultats de simulation, qu'elles soient réalisées avec ou sans *crimp* (Tableau 10).

Avec *crimp*, les simulations font intervenir une frisure des fibres en plus des allongements des fibres individuelles et la finesse linéique des fibres. Dans ce cas, les corrélations observées augmentent sensiblement en comparaison avec la force maximale moyenne de rupture des fibres. On peut ainsi constater que la mesure de ténacité sur fibres est très légèrement dépendante de l'allongement des fibres et est dépendante de la finesse.

Tableau 10 : Corrélations entre ténacités calculées par simulations et les résultats obtenus par appareil (17 cotons). Avec T1 : ténacité au Stéломètre, GPT04 : ténacité au RST04, GPTXX : ténacité au RSTXX, et ténacités des filés RS et OE.

	Tb	Force maximale simulée		Ténacité calculée par simulation	
		sans crimp	avec crimp	sans crimp	Avec crimp
T1	0.6789	0.7575	0.7288	0.9526	0.9397
Ténacité CMI	0.6810	0.7408	0.7151	0.9452	0.9351
GPT04	0.7096	0.7642	0.7514	0.9444	0.9424
GPTXX	0.6734	0.7302	0.7128	0.9388	0.9349
RS ténacité	0.5905	0.7029	0.6752	0.9141	0.9032
OE ténacité	0.5629	0.6661	0.6234	0.9003	0.8802

Par ailleurs, la qualité de préparation des fibres pour les tests de dynamométrie a eu peu d'impact sur les résultats de cette expérimentation, probablement parce que la CMI utilisée est 'bien' réglée. On peut le montrer au regard de l'évolution des coefficients de corrélation entre les résultats de simulations (force maximale en Figure 97 et ténacité en Figure 98) et les différents résultats de mesure de la ténacité sur fibre et sur fil. Si la préparation des fibres est mal réalisée (mauvais brossage, mauvaise aspiration ...), alors la frisure des fibres est mal contrôlée. Les simulations prennent ce facteur en compte en modifiant la valeur moyenne et la variance du *crimp* introduit dans les calculs. Dans ces figures, nous avons comparé les simulations réalisées sans *crimp*, avec un *crimp* moyen de 0.4 et une variance de 0.01, et une moyenne de 0.5 et une variance de 0.04. Les forces maximales simulées sont affectées au même titre que les ténacités correspondantes, et les valeurs des coefficients de corrélations avec les ténacités mesurées diminuent. Cet outil de simulation pourrait donc servir à établir les meilleures conditions de réglage des CMI, par exemple de manière à optimiser la corrélation

observée entre les forces maximales simulées et les valeurs de ténacité CMI. Notons qu'une mesure fiable de la finesse est nécessaire pour calculer la ténacité.

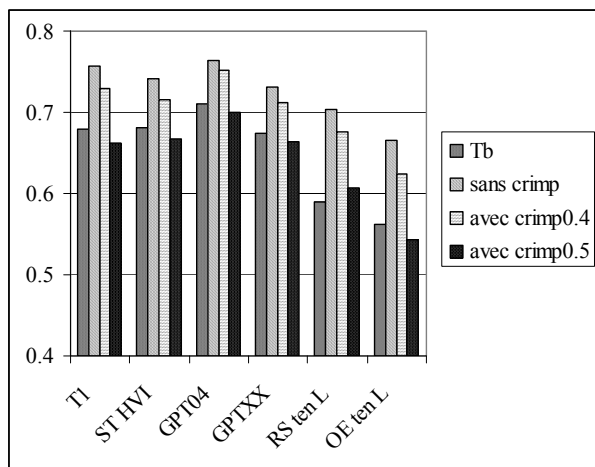


Figure 97 : Evolution des coefficients de corrélation entre les forces maximales déduites des simulations et les ténacités mesurées sur fibre et sur fil en fonction des paramètres choisis pour définir le crimp.

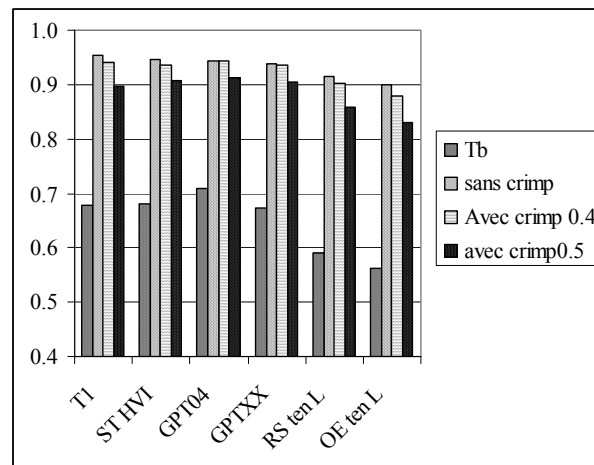


Figure 98 : Evolution des coefficients de corrélation entre les ténacités calculées à partir des simulations et les ténacités mesurées sur fibre et sur fil en fonction des paramètres choisis pour définir le crimp.

Ainsi, les relations avec la ténacité des fils obtenus par procédé OE et RS sont conformes à celles déjà observées par ailleurs. En complément, nous avons pu voir que mesurer les masses réelles de fibres rompues par les pesées n'apporte pas d'amélioration dans la corrélation entre ténacité des fibres et celles des fils.

La réalisation de simulations à partir des données Mantis pourrait permettre de diagnostiquer la qualité de la préparation des échantillons pour les tests de dynamométrie par l'optimisation de la corrélation qui existe entre la force de rupture maximale ou de ténacité simulée et les valeurs effectivement mesurées sur les échantillons par CMI par exemple. Il faut cependant obtenir une mesure fiable de la finesse pour calculer la ténacité.

B.4.8. Pour résumer et éléments de perspective

La mesure de ténacité est une mesure complexe car, directement ou indirectement, elle fait intervenir d'autres caractéristiques ou propriétés de fibres. Il faut par ailleurs noter que lesdites caractéristiques influentes ne peuvent pas toutes être mesurées d'une part, et quand elles peuvent l'être, elles le sont en commettant des erreurs diverses. Quand, en plus, différentes mesures sont regroupées au sein d'un appareil de mesure comme les CMI, les risques d'interaction augmentent considérablement (effets des longueurs, de la maturité, de la finesse, de la couleur démontrés). On sait cependant que l'objectif poursuivi est de mesurer rapidement de grandes quantités d'échantillons pour la caractérisation commerciales des balles de coton.

Le fait d'avoir mené des recherches fines sur la mesure de la ténacité des fibres par CMI a conduit à mettre en évidence des biais liés aux autres caractéristiques des fibres. Cependant, il faut noter que finalement, tout ne se passe pas si mal, dans le sens où ces instruments peuvent être utilisés efficacement en amélioration variétale et quotidiennement dans les laboratoires de classification commerciale.

Eléments de perspective : des améliorations sont possibles dans la mesure de la ténacité, mais cela passe surtout par une meilleure connaissance des autres propriétés des fibres grâce à des mesures indépendantes à améliorer.

- Caractériser la structure microscopique des différentes parois de fibre ;
- Mesurer l'aire de la section des fibres rompues afin d'obtenir une image plus fine de la contrainte appliquée ;
- Améliorer la connaissance de la structure macroscopique des fibres, en particulier celle de la mesure de tous les paramètres démontrés comme interagissant dans la mesure de la ténacité par CMI. Ainsi, l'idéal serait de déterminer la couleur, la longueur, le taux de frisure, le périmètre externe et interne de la fibre, les convolutions, etc, simultanément et de manière indépendante au test de dynamométrie, afin d'alimenter le système de simulations des tests de dynamométrie (voir ci-dessous) ;
- Définir ce que devrait être la mesure de la ténacité et ce qu'elle doit représenter ;
- Améliorer la définition des lois statistiques qui régissent les distributions des forces de rupture et d'allongement des fibres testées sur Mantis ;
- Améliorer le logiciel de simulation des casses sur faisceaux de fibres (actuellement au stade de premier prototype) afin de prendre en compte un nombre plus important de critères de modélisation. Ainsi les résultats des simulations et leur comparaison pourraient expliquer davantage de cas de l'utilisation quotidienne des CMI, comme, par exemple, quand des fibres de différentes caractéristiques sont mélangées ensemble (IM, MR, H, longueur, ténacités, allongement, etc.) ;
- Toute cette recherche devra prendre en compte l'effet de la vitesse d'application des contraintes de traction ainsi que l'effet des conditions atmosphériques sur les résultats.

En fait, toutes ces caractérisations devraient utiliser des principes de mesure qui rendent indépendantes les mesures réalisées pour éviter les interactions entre mesures. Par ailleurs, les autres propriétés des fibres ne devraient pas avoir d'effet sur les caractérisations. Cela devrait conduire à la création sans dérive de cotons de référence pour la ténacité avec des interactions limitées des autres propriétés des fibres. Un travail exploratoire avec peu de moyens a déjà été conduit pour mesurer les critères dans l'optique définie ci-dessus (pas décrit ici, Robert 1999).

B.4.9. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

C'est comme responsable du laboratoire de fibres du LTC, et comme membre du Groupe de Porto et du groupe de recherche RST que j'en pu réaliser ces recherches, ma thèse en me permettant d'accéder au laboratoire qui a créé les CMI grâce à des chercheurs très reconnus que j'ai eu l'opportunité de côtoyer pendant près d'une année, en particulier Ken BRAGG le responsable du Projet RST. En outre, ce travail m'a permis de travailler au sein du laboratoire installé chez Cotton Incorporated avec l'aide Mike WATSON (Figure 99).

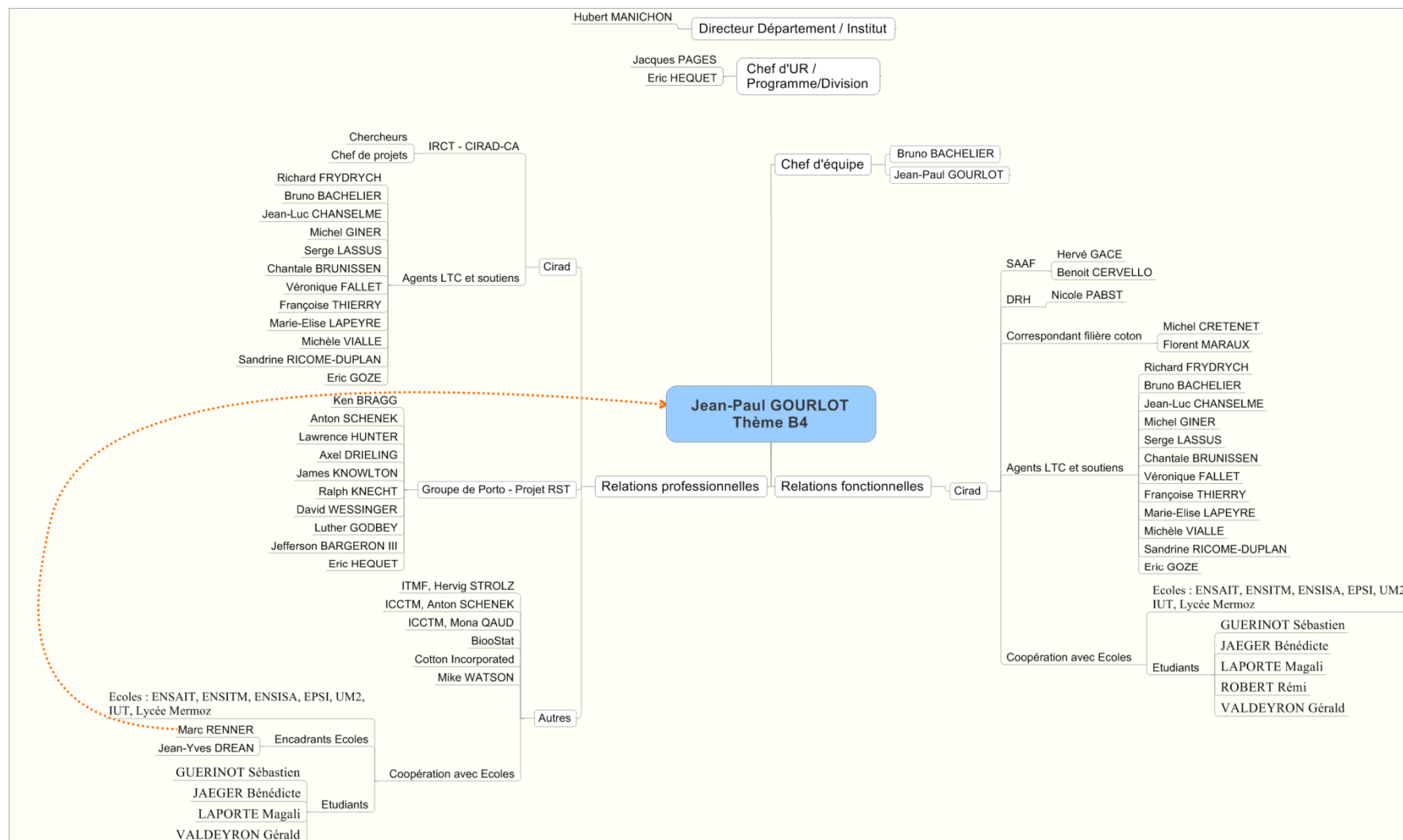


Figure 99 : Relations et coopérations pour la thématique B4.

B.5. Application de l'utilisation d'appareils de mesure intégrés à l'échelle de la commercialisation des fibres

Comme nous l'avons vu au paragraphe B.1, le contexte international pousse à une instrumentalisation des caractérisations des « qualités » des fibres. Dans le cadre de la valorisation commerciale des fibres de coton, la détermination de leurs caractéristiques technologiques (leur « qualité ») nécessite un cadre réglementaire, généralement fixé par les normes, des réglementations et des préconisations techniques internationales d'une part, et des laboratoires qui respectent ce cadre.

Pour permettre à tous les acteurs, particulièrement africains, de suivre cette évolution et respecter ce cadre, l'*International Cotton Advisory Committee* (ICAC) a créé un groupe de travail intitulé *Commercial Standardized Instrument Testing of Cotton Task Force* (CSITC-TF, www.icac.org), dans lequel j'ai été enrôlé dès sa constitution. Depuis 2003, ce groupe de travail a pour but d'établir des recommandations (techniques, organisationnelles, ...) mondiales afin de parvenir à réunir les conditions nécessaires à la bonne réalisation des mesures instrumentales par tous les laboratoires de test. Ainsi, le CSITC-TF a fixé l'objectif de faire évoluer la mesure de la qualité des fibres de coton jusque là réalisée d'une manière manuelle et visuelle vers une analyse instrumentale pour toutes les balles de coton produites.

Cependant, il est apparu nécessaire de bâtir la confiance dans les résultats de mesures instrumentales entre les différents acteurs de la filière coton dans les échanges commerciaux – en particulier depuis l'Afrique vers les négociants internationaux, pour répondre à des enjeux financiers et commerciaux au Sud. En vendant les fibres à leur juste valeur, c'est-à-dire sur les mêmes critères qualitatifs mesurés de manière instrumentale dans tous les pays, nous aidons les pays au Sud à lutter contre la pauvreté. Nous observons en effet des écarts de prix de vente de l'ordre de 10% pour des cotons comparables mais caractérisés de manières différentes (manuel et visuel vs instrumental).

Pour répondre à ces enjeux, il faut créer les cadres de fonctionnement international du système de mesure et accompagner les laboratoires à atteindre les pré-requis nécessaires (connaissance, compétences, matériels, ...) pour parvenir à caractériser la qualité des fibres de 100% des balles de coton produites à l'aide d'instruments de mesure de telle manière que toutes analyses d'un même échantillon de fibres de coton par différents laboratoires donnent des résultats comparables.

Ensuite, pour accompagner l'Afrique dans cette évolution, nous avons observé qu'il faut lui apporter des connaissances, des compétences et du matériel au moins. J'ai donc initié et participé au montage - du concept au budget final - et j'ai participé à la réalisation du projet CFC/ICAC/33 'CSITC' (www.icac.org). Le projet a été présenté au *Common Fund for Commodities* (CFC) qui a contribué à hauteur de trois millions de dollars et a mobilisé cinq millions de dollars supplémentaires de la part de la Commission Européenne (Gourlot and Drieling 2007).

Il m'est parfois difficile de séparer ce qui est scientifique de ce qui l'est moins, tant l'articulation de la recherche avec ses publications scientifiques, ses développements méthodologiques et techniques, ses expertises et conseils, ses rédactions de guides internationaux, ses appuis et articulations aux/avec politiques publiques, et les connections avec les besoins de formation et d'information est forte dans ce Projet. Dissocier les uns des autres permet certes de mieux comprendre les étapes du Projet mais le risque existe de perdre de vue les enjeux majeurs. En outre, ce qui apparaît comme de la science ou de la recherche aux uns peut paraître du développement technologique ou autre chose à d'autres personnes, avec toutes les appréciations et jugements que cela peut recouvrir. Bien que la dimension politique soit prépondérante ici – l'adoption des résultats de recherche et des avancées technologiques est importante à ce niveau et est intimement liée à la présence et à l'accompagnement des scientifiques – je vais cependant tenter de me concentrer sur les activités et résultats principaux de ce Projet CSITC organisé selon les cinq composantes opérationnelles suivantes :

- Composante A : Adoption mondiale de la CSITC (composante mondiale) pour définir les mécanismes fondamentaux du système CSITC applicable au marché du coton à l'échelle internationale (B.5.1) ;

- Composante B : Évaluation des laboratoires d'analyse du coton (composante mondiale) avec l'installation d'un système de tests inter-laboratoires périodiques pour évaluer les laboratoires d'analyse (B.5.2) ;
- Composante C : Soutien aux pays producteurs de coton d'Afrique (composante Afrique) pour les aider à satisfaire les critères de qualité de l'analyse, principalement par le biais des Centres techniques régionaux (B.5.3) ;
- Composante D : Assistance technique pour améliorer la fiabilité de la mesure instrumentale (composante Afrique principalement) pour définir les normes techniques fondamentales de réalisation des tests, pour réaliser les études de variabilité du coton pour les régions Africaines (B.5.4 et B.5.5) ;
- Composante E : Évaluation et diffusion des résultats et des conclusions du projet dans l'ensemble de la filière du coton (B.5.6).
- La relation qualité-prix, bien qu'étudiée dans un autre projet, est présentée dans ce chapitre (B.5.7).

Les informations fournies ci-dessous peuvent provenir en partie des divers documents du Projet CSITC qui ont été produits depuis 2005 ; j'ai contribué à leur élaboration avec Axel Drieling pour ce qui concerne le dépôt du Projet, avec mes collègues du LTC pour ce qui concerne nos contributions propres, et avec les partenaires du Projet pour divers autres documents.

B.5.1. Composante A : Adoption mondiale de la CSITC (composante mondiale) pour définir les mécanismes fondamentaux du système CSITC applicable au marché du coton à l'échelle internationale

Outre le travail d'alimentation des débats au sein du groupe de travail CSITC, l'activité A.2. a revêtu une importance capitale pour tous les acteurs du monde cotonnier; elle est basée sur une recherche bibliographique parmi tous les documents faisant référence dans le monde de la caractérisation instrumentale et commerciale du coton. Cette base est complétée par toutes les avancées et tous les résultats du Projet CSITC, des groupes de travail CSITC et ITMF-ICCTM, et des avancées scientifiques et techniques des dernières années. Grâce à cette préparation, nous avons rédigé un guide technique, soumis non pas à une relecture uniquement scientifique, mais également technique, sociale et organisationnelle de la part des responsables mondiaux de la classification instrumentale.

Ce guide a remplacé tous les guides existants au préalable et demeurera la seule base de définition des méthodes d'analyse et des conditions de bonnes pratiques des laboratoires (hormis les normes nationales). Ce guide est disponible en six langues : anglais (une version courte et une version longue), chinois, espagnol, français, portugais et russe (Drieling, Gourlot et al. 2012b; Drieling, Gourlot et al. 2012g; Drieling, Gourlot et al. 2012a; Drieling, Gourlot et al. 2012c; Drieling, Gourlot et al. 2012d; Drieling, Gourlot et al. 2012e; Drieling, Gourlot et al. 2012f).

B.5.2. Composante B : Évaluation des laboratoires d'analyse du coton (composante mondiale) avec l'installation d'un système de tests inter-laboratoires périodiques pour évaluer les laboratoires d'analyse

Afin de savoir quels laboratoires ont des difficultés pour atteindre une « bonne qualité » de résultats d'analyse en comparaison aux attentes, j'ai prototypé en 2007, avec Axel DRIELING, la mise en place d'un test inter-laboratoires international et trimestriel ayant pour but d'évaluer la performance des laboratoires. Grâce à ce test, la précision et la justesse des mesures instrumentales sont évaluées grâce à un dispositif utilisant 4 à 5 cotons, testés 6 fois chaque jour, pendant 5 jours. A l'issue de chaque test, un rapport contenant un certificat et un rapport technique et confidentiels (Figure 100) incluant des conseils personnalisés est remis à chaque laboratoire, et cela depuis 2007. A ce jour, environ 160 instruments installés dans 80 laboratoires mondiaux (nombres en croissance, voir www.csitc.org) participent régulièrement aux tests trimestriels maintenant mis en œuvre par l'USDA et le Faserinstitut de Brême.

Performance of Instrument: GL124-057-03							
		Micronaire	Strength	Length	Uniformity	Color Rd	Color +b
Reference Values	Cotton 1	4.006	24.816	0.9844	79.610	75.121	10.405
	Cotton 2	4.217	33.377	1.2237	83.619	76.343	12.812
	Cotton 3	4.977	27.352	1.0338	79.294	78.334	7.661
	Cotton 4	5.034	29.513	1.0794	83.311	73.584	10.674
	Cotton 5	3.963	28.722	1.1100	80.152	80.252	9.583
Instrument Average of All Days	Cotton 1	4.037	23.801	0.9812	79.429	76.416	10.779
	Cotton 2	4.260	33.016	1.2267	83.643	77.534	13.324
	Cotton 3	4.978	27.054	1.0368	78.991	79.061	7.929
	Cotton 4	5.047	28.957	1.0766	83.306	75.049	10.994
	Cotton 5	4.003	28.643	1.1101	80.060	81.316	9.924
Distance to Reference	Cotton 1	0.031	-1.014	-0.0032	-0.181	1.295	0.374
	Cotton 2	0.043	-0.360	0.0030	0.023	1.191	0.512
	Cotton 3	0.001	-0.298	0.0030	-0.302	0.727	0.268
	Cotton 4	0.014	-0.556	-0.0028	-0.005	1.465	0.320
	Cotton 5	0.041	-0.079	0.0001	-0.092	1.065	0.340
Mean Absolute Distance to Reference (Cotton 1 - 4 Only)		0.022	0.557	0.0030	0.128	1.169	0.368
Scale Factor		0.10	1.50	0.02	1.00	1.50	0.50
Summary Evaluation for Each Property		0.22	0.37	0.15	0.13	0.78	0.74
Relevance of Property		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Summary Evaluation of All Properties		0.40					

Figure 100 : Exemple partiel de rapport du test CSITC pour un appareil participant : mode de calcul de la note de performance (écart relatif moyen pondéré à la moyenne de tous les résultats de tous les laboratoires à ce test).

B.5.3. Composante C : Soutien aux pays producteurs de coton d'Afrique (composante Afrique) pour les aider à satisfaire les critères de qualité de l'analyse, principalement par le biais des Centres techniques régionaux

Dans ce cadre, deux centres techniques régionaux (CTR⁴¹) ont été créés en Afrique en 2008 (Gourlot and Drieling 2007).

La sélection des organismes partenaires pour devenir et héberger les Centres Techniques Régionaux (CTR) est effectuée en fonction des critères comme le contexte politique actuel, la stabilité politique, la réglementation en vigueur, l'indépendance vis-à-vis d'intérêts opposés, les compétences et experts actuels (dans différents champs d'activités), les activités au niveau régional sans privilégier un ou plusieurs pays en particulier, la disponibilité d'une administration en mesure d'accueillir le CTR (capacités d'organisation), des instruments de référence ou outils de démonstration disponibles sur place pour la formation du personnes, des transports/infrastructures (aéroport, réseau routier, télécommunications), un emplacement central, une langue commune pour toute la région, éventuellement des capacités d'accueil (hébergement, salles de classe), etc.

Pour l'Afrique de l'Ouest, CERFITEX (Mali) pour son rôle régional et SOFITEX (Burkina Faso) pour sa compétence technique reconnue aux structures de classement nationales ou privées ont été alliées pour constituer le CTR. Le CTR de l'Afrique de l'Ouest couvre directement les principaux pays producteurs de coton suivants : Burkina Faso, Mali, Bénin, Côte d'Ivoire, Togo, Sénégal, Ghana, et des autres pays dont la production de coton est plus réduite comme Nigeria, Cameroun et Tchad (Figure 101).

Pour l'Afrique de l'Est, le *Tanzanian Bureau of Standards* pour son savoir-faire sur la mesure et le contrôle qualité, et *Tanzania Cotton Board* déjà en charge du classement de la production de coton de la Tanzanie, ont été retenus pour héberger le CTR. Le CTR de l'Afrique de l'Est couvre directement les principaux pays producteurs de coton suivants : Tanzanie, Zimbabwe, Zambie, Ouganda, Éthiopie, Mozambique et d'autres pays dont la production de coton est plus réduite comme le Kenya et le Malawi.

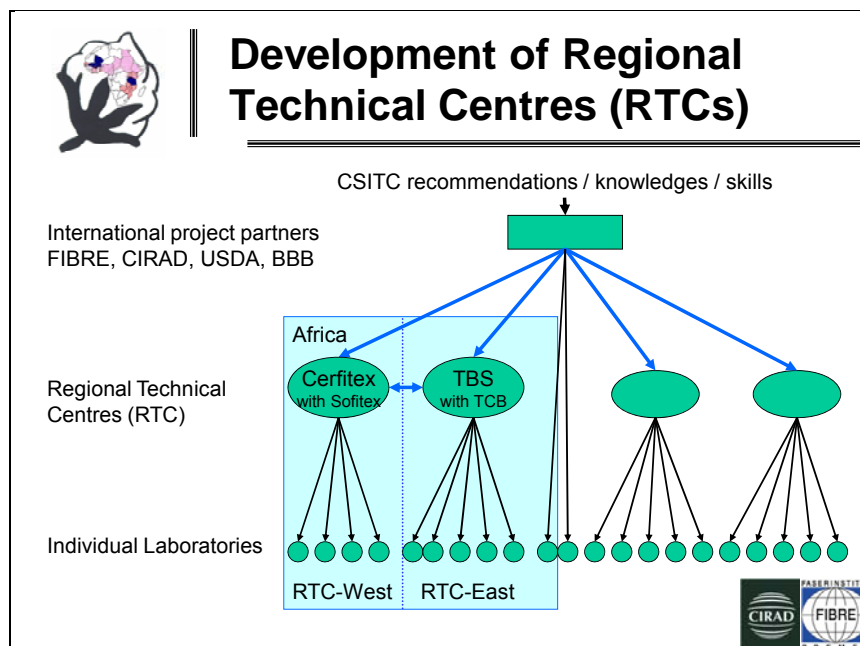


Figure 101 : Schéma de l'organisation et des partenaires des CTRs (Gourlot and Drieling 2007).

Chacun de ses deux CTR hébergent deux experts et un technicien qui ont été formés en particulier au Cirad dans un module de formation que j'ai complètement créé et organisé sur trois années consécutives sur la base des connaissances accumulées au LTC qui fait référence en la matière (Gourlot, Gawrysiak et al. 2006). Ils ont également été formés dans d'autres institutions mondiales réputées. Ces experts ainsi formés sont en charge de dispenser les connaissances aux personnels des laboratoires environnants dans les pays environnants les CTR.

Ces experts doivent également expertiser régulièrement les laboratoires de la région avec le concours du LTC et/ou du Faserinstitut Bremen sur sites. Grâce à l'expérience acquise passée, nous avons également organisé des tests inter-laboratoires régionaux périodiques utilisant des cotons des pays environnants. Enfin, afin d'assurer un contrôle des performances des laboratoires encore plus poussé, nous avons organisé des tests inter-laboratoires plus fréquents à partir des échantillons traités au quotidien dans les laboratoires de classement pour mesurer la reproductibilité et la répétabilité des mesures effectuées.

B.5.4. Composante D : Assistance technique pour améliorer la fiabilité de la mesure instrumentale (composante Afrique principalement) pour définir les normes techniques fondamentales de réalisation des tests

Alors que l'analyse du coton par CMI a été inventée il y a plus de 30 ans, l'utilisation des résultats de cette analyse dans les contrats de vente ne fait toujours pas l'unanimité parmi les acteurs de la filière coton. D'ailleurs, cette méfiance s'accroît d'autant plus avec l'introduction croissante des données issues de l'analyse du coton dans les contrats de vente. Ainsi, l'utilisation de différents dispositifs et données techniques est, entre autres, nécessaire pour atteindre l'objectif global du projet (assurer la fiabilité des mesures issues de la CMI pour le classement de tous les cotons produits dans le monde). Ensuite, alors que la mesure instrumentale est désormais employée pour analyser l'ensemble de la récolte aux États-Unis, l'utilisation des CMI dans les pays en développement reste difficile, notamment en raison des conditions défavorables (capacités d'alimentation électrique ou de conditionnement d'air insuffisantes) dans les laboratoires. Les CMI sont extrêmement sensibles aux systèmes de conditionnement (changement de voltage et d'intensité, air comprimé) et leurs résultats peuvent être facilement altérés en cas de variations des conditions ambiantes. Ainsi, comme observé en 2005 lors de la réalisation du pré-projet CFC/ICAC/30FT (également monté et réalisé par nos soins), les méthodes et matériels utilisés internationalement ne sont pas toujours adaptables sans probable modification ou adaptation en Afrique. Nous avons donc inclus des activités de

développement méthodologique et de recherche pour répondre aux questions spécifiques africaines pour lesquelles nous avons produit des ouvrages et productions écrites pour répondre aux objectifs spécifiques listés ci-après (d'autres objectifs étaient pris en charge par Drieling) :

- Identifier les équipements minimum nécessaires à l'installation des laboratoires en fonction de leur matériel existant et les modalités de leur maintenance (Drieling and Gourlot 2012; Gourlot 2012a; Gourlot 2012c; Gourlot 2012d) ;
- Concevoir une approche de base permettant de limiter les problèmes d'alimentation électrique (coupures de courant, fluctuation de la tension) que connaissent les laboratoires d'analyse du coton dans les PMA (Figure 102, Drieling and Gourlot 2012) ;
- Identifier les équipements indispensables pour surveiller, contrôler et stabiliser efficacement la température et l'humidité relative de l'air afin de respecter les normes internationales régissant les conditions ambiantes des laboratoires de classement (Figure 103, Gourlot 2012a).

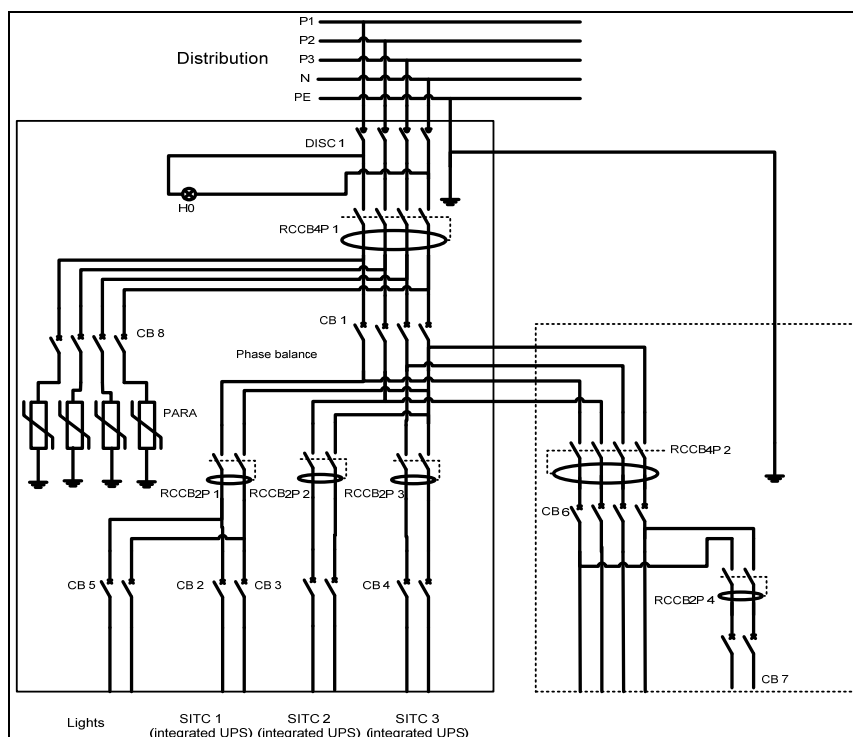


Figure 102 : Exemple de schéma de câblage électrique préconisé dans un laboratoire.

B.5.5. Composante D suite : Etudes de la variabilité intra et inter-balles des caractéristiques technologiques des fibres

Grâce aux développements techniques et technologiques des dernières décennies, le commerce international du coton passe graduellement d'une classification manuelle et visuelle à une classification à base de résultats de mesures instrumentales.

Or, passer d'une technique à une autre requiert d'en étudier les modalités et les conditions d'application respectives. Ainsi, les pratiques commerciales basées sur le classement manuel et visuel avaient engendré la mise en place d'un système d'arbitrage et de définition de tolérances arbitrales permettant de régler les éventuels litiges pouvant exister entre vendeurs et acheteurs. Il est donc nécessaire de faire de même pour le classement instrumental, en particulier dans les conditions de production cotonnière en Afrique.

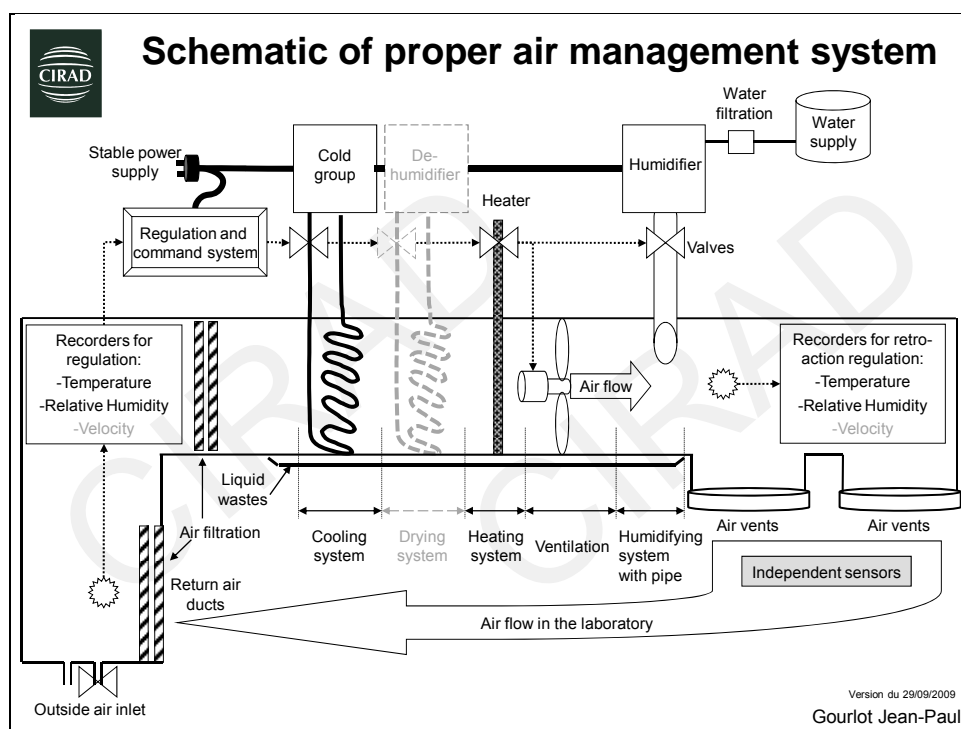


Figure 103 : Schéma de principe d'un système de contrôle des conditions d'ambiance dans un laboratoire (Gourlot 2012a).

L'étude de variabilité des caractéristiques technologiques des fibres de coton est une étape essentielle dans la définition des conditions de bonne réalisation des mesures instrumentales pour limiter le risque de litige entre producteurs de coton en Afrique et leurs clients internationaux. Elle est également nécessaire pour préciser et adapter les procédures arbitrales en cours au classement instrumental.

La variabilité des caractéristiques technologiques de la fibre de coton mesurée sur Chaîne de Mesure Instrumentale (CMI) peut être différente d'une usine à une autre à cause des équipements installés d'une part, et à cause des conditions d'usinage ou du système de culture qui prévaut dans le bassin d'approvisionnement de ces usines d'autre part. Ce phénomène peut s'observer dans les pays en développement, notamment dans les pays producteurs de coton d'Afrique dans les pays couverts par les CTR. En effet, les exploitations cotonnières sont généralement de petite taille, familiales, cultivées manuellement avec une moyenne estimée à 0.5 ha et de rendement assez faible. La conséquence est que les fibres qui se trouvent dans une balle de coton peuvent provenir de plusieurs exploitants (une seule variété) qui peuvent avoir travaillé dans des conditions très variables. Alors prendre un échantillon sur une couche de cette balle pour l'analyser sur CMI et attribuer la qualité trouvée à l'ensemble de la balle peut ne pas refléter la réalité de la qualité de la balle dans son ensemble. C'est pourquoi nous avons décidé d'étudier la variabilité des résultats issus des CMI dans les conditions de production africaines.

La variabilité est affectée à quatre niveaux et s'observe en particulier sur les caractéristiques technologiques des fibres contenues dans les balles de coton : 1) à l'échelle de la plante de coton où les fibres des différentes capsules des plants de cotonnier sont différentes ; 2) à l'échelle de la parcelle où les conditions de culture peuvent différer (impacts agronomiques, écologiques, de la variété, des pratiques culturales, du mode de récolte) ; 3) à l'échelle du bassin d'approvisionnement des usines d'égrenage ; et 4) à l'échelle des usines d'égrenage et de leurs équipements (qui recouvre la gestion de l'alimentation de l'usine, le matériel installé et son utilisation) où les différents réglages affectent la qualité en la rendant plus variable.

Parmi ces quatre niveaux, nous nous sommes intéressés aux niveaux 3 « bassin d'approvisionnement » et 4 « équipement d'égrenage » comme sources de variabilité prépondérantes à prendre en compte dans notre étude pour répondre aux deux questions suivantes : 1) Quel est le niveau de variabilité des

caractéristiques technologiques mesurées par CMI au sein des balles de coton provenant de l'Afrique de l'Ouest et du Centre ? 2) Quelles sont les modalités d'échantillonnage de balles et de réalisation des tests CMI les plus adaptées aux conditions africaines, afin de respecter les conditions de répétabilité attendues internationalement ?

Pour répondre à ces questions, nous avons conduit une expérimentation d'échantillonnage et de mesures CMI au sein des balles produites dans quatorze pays d'Afrique pendant deux saisons d'égrenage. Pour conduire ces études de variabilité intra-balle et inter balles, Dr. Everina LUKONGE, post-doctorante, en Afrique de l'Est et du Sud-Est, et Dr. Modeste ABOE, doctorant à l'époque, en Afrique de l'Ouest et du Centre ont été impliqués et co-encadrés respectivement par Profs. Jean-Yves DREAN et Artan SINOIMERI, et moi-même. Le budget de fonctionnement de ces travaux faisait partie du budget du Projet CSITC, et il m'est revenu la gestion quotidienne et l'encadrement de ces activités.

Ces deux personnes ont prélevé des centaines d'échantillons dans plusieurs usines par pays, alors que ces mêmes usines ont continué à échantillonner les balles produites sur de longues périodes pendant deux campagnes d'égrenage. Tous les échantillons collectés ont été analysés dans les laboratoires des Centres Techniques Régionaux (CTR) respectifs en Tanzanie et au Mali.

Des milliers de résultats de tests sur chaînes de mesure sur ces échantillons ont été et sont en cours d'analyse statistique. L'objectif est de définir des modes opératoires pour l'échantillonnage des balles et pour l'analyse des échantillons collectés afin de garantir les résultats produits et ainsi limiter le risque de litige entre vendeur et acheteur des fibres produites.

Par des méthodes de décompositions des sources de variabilité, nous avons pu montrer que la variabilité des résultats provenait de deux sources principales : la variabilité d'échantillonnage dans les couches de la balle (axe vertical de la Figure 104) et celle entre répétitions de mesure (confondue avec la variabilité intra-échantillon, axe horizontal de la Figure 104). Dans ce graphe, chaque numéro correspond à une usine. A partir de ces informations et de la gamme des possibilités de réalisations pratiques des échantillonnages et des analyses instrumentales (Figure 105), on peut déduire le nombre d'échantillons à prélever par balle et le nombre de répétitions de tests à réaliser par échantillon pour respecter un risque de litige choisi (ici 10% pour chaque balle, Tableau 12 pour les cotons égrenés à la scie) et des tolérances spécifiques (Tableau 11).

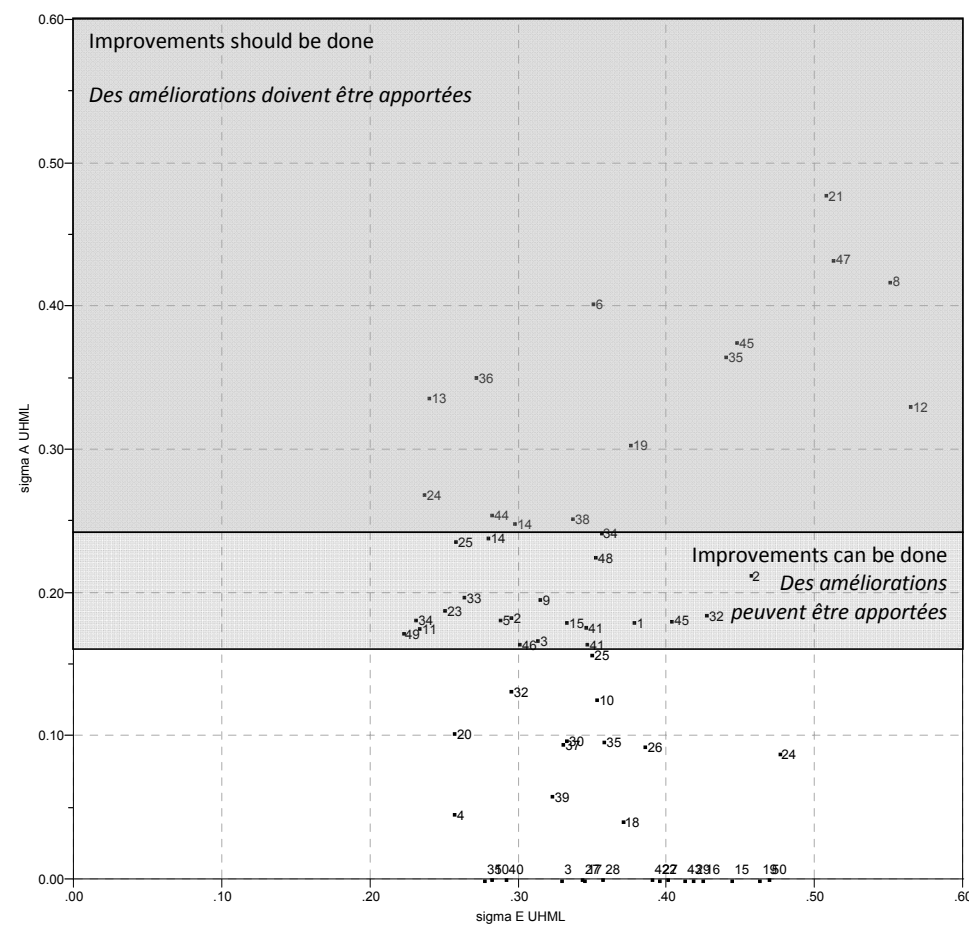


Figure 104: Upper Half Mean Length (UHML, mm). Ecart-types observés entre les couches (SigmaA) en fonction de ceux observés au sein des couches (SigmaE). Toutes les usines sont représentées par un ou deux points selon leur sélection pour une ou deux saisons. Plus le point est proche de l'origine, moins la variabilité intra-balle est élevée (Aboé 2012; Aboé, Gourlot et al. 2012).

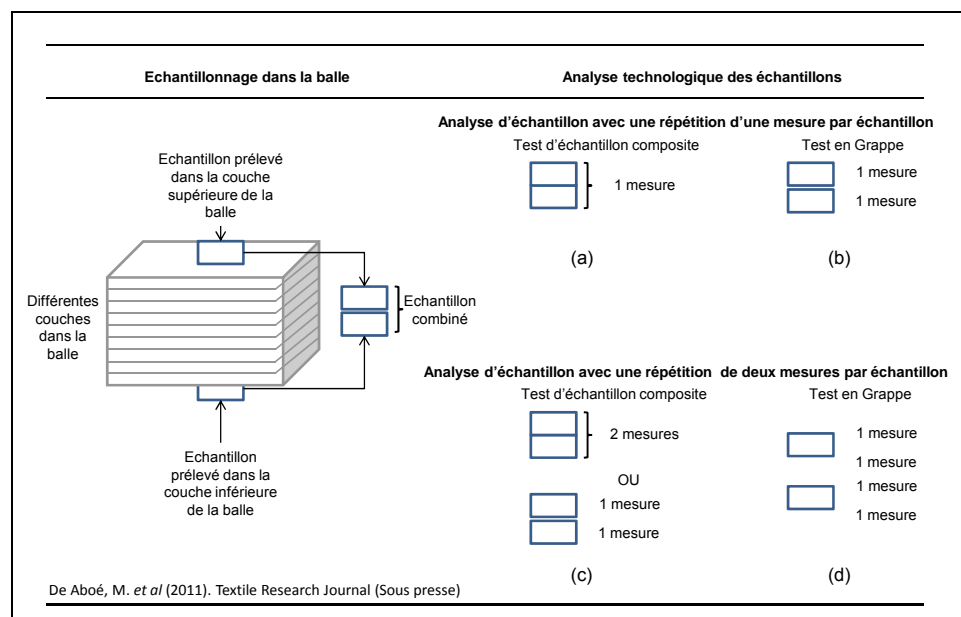


Figure 105: Comparaison entre les tests composite et en grappe dans un laboratoire pour les échantillons prélevés dans les balles (Aboé, Gourlot et al. 2012).

Tableau 11 : Tolérances utilisées pour les calculs.

Caractéristique	Tolérances commerciale
Micronaire	+/- 0.1 unité
UHML	+/- 0.508 mm
UI	+/- 1 %
STR	+/- 1.5 cN/tex
Rd	+/- 1 %
+b	+/- 0.5 unité

Ces consignes / recommandations s'ajoutent à toutes celles qui ont été émises sur la gestion optimale des laboratoires d'analyse durant les formations dans les CTR pendant la durée du Projet CSITC (2007-2012). Une procédure pour les cotons égrenés à la scie est proposée pour l'échantillonnage des balles produites et pour les tests des échantillons collectés ; cette procédure permet à la fois le respect des tolérances internationales et un faible risque de litige potentiel. Son application sur plusieurs campagnes devrait assurer que le coton Africain peut également être classé à partir de données instrumentales. En ce sens, nous avons répondu à l'objectif de montrer que l'Afrique peut respecter les tolérances édictées au niveau international afin de limiter le nombre de réclamations pour des problèmes de « qualité ». Pour les cotons égrenés au rouleau, il est nécessaire de réaliser d'autres expérimentations complémentaires pour définir le mode opératoire applicable (Lukonge, Aboé et al. 2013).

En outre, il semble que ce soit la première fois que des résultats sont publiés en utilisant cette approche méthodologique de la mesure de la variabilité.

Tableau 12 : Comparaison des procédures de tests des cotons égrenés à la scie: nombre de mesures par balles (pour une ligne de données) aux Etats-Unis d'Amérique et dans notre proposition pour l'Afrique. La proposition pour l'Afrique assure le respect d'un risque de litige inférieur à 10 % que les résultats obtenus sont en dehors des tolérances reconnues.

Characteristic	Nb of samples per bale	Type of sampling	Nb of replicates	Nb of measurements per sample	Total Nb of measurements per bale
USA					
UHML	2	Cluster	1	1	2*
UI	2	Cluster	1	1	2*
STR	2	Cluster	1	1	2*
Micronaire	2	Composite	1	1	1*
Rd	2	Cluster	1	2	4*
+b	2	Cluster	1	2	4*
Proposition for Africa (saw ginned cottons)					
	2	Cluster	1	2	4
UI	2	Cluster	1	2	4
STR	2	Cluster	1	2	4
Micronaire	2	Composite	1	1	1
Rd	2	Composite	1	2	2
+b	2	Composite	1	2	2

*: Provided by M. James KNOWLTON, USDA-AMS, Memphis.

Même si des rapports et publications ont déjà été produits (Gourlot, Aboé et al. 2012; Gourlot and Drieling 2012), les analyses de données continuent pour ce qui concerne l'évaluation de la variabilité inter-balle dans les lots, et l'évolution des variabilités intra et inter-balles sur la durée d'une saison

d'égrenage. Il est probable que les conclusions de ces analyses conduisent à des modifications dans les modes opératoires d'échantillonnage et d'analyse des échantillons préconisés pour l'heure (dans le sens de l'allègement de la méthode). Un rapport confidentiel a été remis à chacune des usines participantes à ces études afin de permettre d'ajuster leurs processus de transformation (collecte coton-graine à gestion de balles de fibres, Drieling and Gourlot 2012; Gourlot and Drieling 2012).

B.5.6. Composante E : Évaluation et diffusion des résultats et des conclusions du projet dans l'ensemble de la filière du coton

Comme pour tout Projet financé par le CFC, un séminaire final a eu lieu à Arusha, Tanzanie en janvier 2012 pour y relater tous les résultats aux acteurs majeurs de la production cotonnière africaine.

En outre, des présentations ont été également données lors des réunions annuelles de l'Association Cotonnière Africaine (ACA), pour honorer la dimension politique de ce travail de recherche, et pour tenir l'audience des décideurs et des utilisateurs potentiels informée des progrès réalisés (Journées de l'ACA, inaugurations des Centres Techniques Régionaux,...).

B.5.7. Enquête sur la relation prix-qualité (France, Monde)

Textes extraits de documents existants et légèrement retravaillés (entre autres : Gourlot and Tamine 1995).

La mise en œuvre d'une stratégie dite de qualité - offrir un produit répondant au plus près aux besoins des utilisateurs - a souvent été proposée aux pays producteurs comme la solution devant permettre une meilleure valorisation des produits à l'exportation. Depuis le début des années 80, on assiste à une évolution de la demande de qualité de la part du secteur industriel. Il n'y a pas eu simple augmentation des exigences relatives aux critères traditionnels de qualité, mais renouvellement des critères. Certaines caractéristiques des produits autrefois négligées ou tout simplement ignorées ont pris une place prépondérante dans la qualification des produits grâce à l'apparition d'instruments de mesures de leurs caractéristiques technologiques. La recherche d'une meilleure valorisation des produits par des stratégies dites de qualité se heurte ainsi à une multiplication des critères de qualification des produits et à une incertitude croissante sur le sens du mot qualité. Pour étudier ce thème, le CIRAD a financé une étude de trois années sur trois productions agricoles des pays du Sud : le cacao, le caoutchouc et le coton connue sous l'appellation « Action Thématique Programmée : La Valorisation de la Qualité sur les Marchés Internationaux des Produits Agricoles Tropicaux à Usage Industriel : Cacao, Caoutchouc, Coton ». L'idée était donc d'étudier la relation qui existe entre la 'qualité' des produits et leur valeur marchande.

Pour la filière coton, c'est la filature qui est le point où les fibres de coton sont acquises pour y être transformées. La filature, qui est donc le principal consommateur de la fibre de coton, a connu ces dernières années des changements spectaculaires en matière de techniques de production. Produire plus tout en respectant les exigences de leurs clients, tel est l'objectif principal des filateurs. Pour ce faire, les vitesses de production des continus à filer classiques sont passées de 12 000 t/mn à 22 000 t/mn en quelques années tandis que celles des continus 'Open end' passaient de 70 000 t/mn à 130 000 t/mn (et ces vitesses sont encore plus élevées en 2013). Cela a engendré une demande de plus en plus sévère en termes de qualité de la matière première. Ainsi, aux critères traditionnels de qualité (longueur, grade, régularité de l'approvisionnement) s'ajoutent de nouvelles demandes, particulièrement avec l'apparition des CMI : résistance, maturité, finesse, indice micronaire, taux de fibres courtes, absence de neps et de débris de coques, allongement, absence de collage...

A cause de l'insuffisance du système de classification manuelle des balles de coton, l'utilisation de la classification à l'aide des CMI est montée en puissance. Cependant, cette dernière est loin d'être adoptée au niveau mondial comme nous l'avons vu plus haut. La diffusion de cette technique de classification pose en effet de nombreuses questions qui demeurent ouvertes. En attente de l'accord entre les acteurs du marché, la situation actuelle pose de nombreux problèmes quant aux critères de choix de la matière première en vue d'une utilisation pour une qualité de produit fini donnée. En effet, le lien entre les impératifs des producteurs et les exigences des consommateurs (filateurs) n'est à ce

jour pas correctement défini (et ne l'est pas beaucoup plus en 2013 sur certaines origines de fibres, en particuliers celles en provenance d'Afrique).

La principale préoccupation des producteurs de fibres est la rentabilité de leur exploitation. Dans le contexte actuel, cette rentabilité se fait davantage par une augmentation de production que par une amélioration de sa qualité. Etant donné qu'il faut dix années de travail pour créer une variété qui répond aux besoins de qualité, les chercheurs du CIRAD doivent connaître, au plus tôt, les impératifs futurs relatifs de qualité des fibres attendue. Cela permettra de mieux valoriser la qualité de la production des pays partenaires sur les marchés visés. L'objectif de cette étude était donc de :

- Déterminer la stratégie des filateurs en matière de qualité : quels sont leurs besoins actuels et futurs ?
- Mettre en évidence la relation entre la qualité des fibres et la qualité du fil produit.
- Etablir la relation entre la dimension "gain de productivité" en rapport avec la qualité des fibres et des fils.

Ces relations devaient permettre de cerner les caractères essentiels de l'élaboration des prix pour une gamme de fils représentative du marché comme la qualité de la matière première, le type d'utilisation (filature à anneau, filature à turbine, peigné, cardé), l'état des stocks, les prévisions de récolte,

Une démarche en deux étapes fut envisagée : 1) une pré-enquête auprès des filateurs français pour créer la maquette de formulaire d'enquête, validée ensuite par des rencontres entre O. Tamime (CDD) et les dirigeants/acheteurs /directeurs techniques de diverses filatures françaises ; et 2) Envoi du formulaire finalisé aux filateurs mondiaux, grâce au concours du secrétariat de l'ITMF, pour mieux connaître les critères de qualité utilisés pour le choix des fibres de coton.

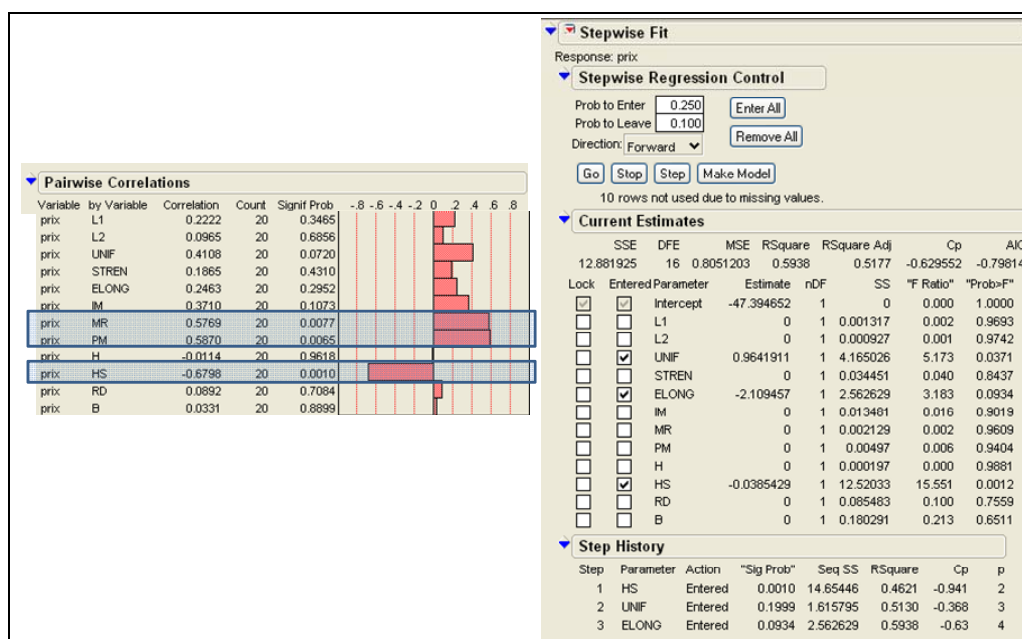


Figure 106 : Corrélations simples (20 cotons/origines) entre prix et caractéristiques technologiques des fibres de coton, et résultats d'une régression pas à pas, étude France.

La partie 'coton' au moins de cette ATP a buté sur l'obtention de l'information prix de la part des filateurs que nous avons rencontrés, ce qui a conduit à éviter de poser des questions dans le questionnaire d'enquête distribué dans le monde grâce au soutien de l'ITMF. Cette dernière étant une fédération d'associations nationales, c'est ces dernières qui ont finalement distribué les questionnaires auprès de leurs membres, sans pour autant que nous puissions contrôler la représentativité de l'échantillonnage finalement inclus dans l'étude.

Dans cette dernière enquête, nous avons analysé 80 réponses en provenance de 15 pays via le secrétariat de l'ITMF. Tous les questionnaires n'ont pas été exploitables dans leur ensemble, et chacune des questions était traitée selon le nombre de réponses valides. Lorsque l'on sait que plus de

50% des réponses mentionnent que ce sont les directions générales qui achètent le coton, et que seulement dans quelques cas les directions commerciales et techniques sont consultées, on comprend mieux les efforts de sensibilisation à apporter sur toute la dimension technique de la caractérisation des fibres et des fils. Néanmoins sur la base de ces réponses, les caractéristiques importantes pour choisir les fibres sont la longueur, le micronaire et la ténacité afin de prioritairement maintenir sinon améliorer la qualité et la productivité des usines (Figure 107). Cependant, la notion d' « origine » était et est toujours un critère qui permet de sélectionner les fibres en priorité, avant toute caractérisation technologique, même si la plupart des filatures disposent de leur laboratoire ou d'un contrat avec un contrôleur.

Depuis la tentative de généralisation des CMI au monde et des efforts via le groupe CSITC-TF, et les évolutions matérielles récentes, il est possible que l'ordre et l'importance des critères mentionnés en 1998 aient évolué. Ce qui reste définitif, c'est l'impossibilité d'obtenir toute information prix, et le lien ne sera probablement pas établi de manière certaine car, comme nous nous trouvons dans la même situation que pour le collage à savoir que les concentrations des moyens de production et leurs spécialisations augmentent, les informations seront encore plus confidentielles et critiques qu'auparavant d'une part, et le nombre d'acteurs diminuant, l'analyse statistique de la relation qualité / prix devient difficile d'autre part.

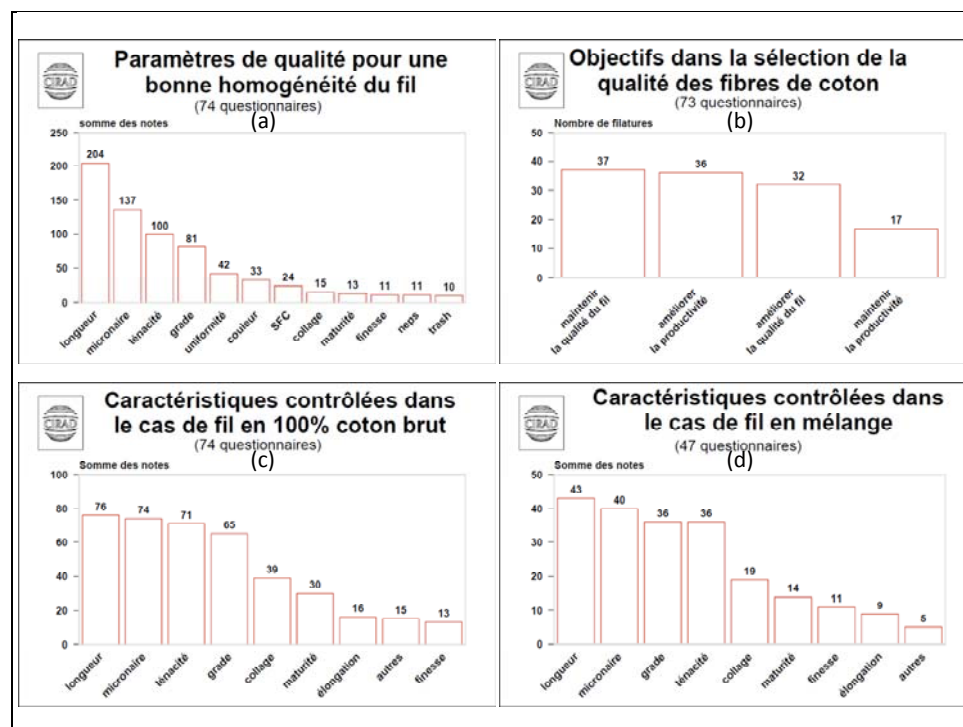


Figure 107 : Quelques résultats de l'enquête mondiale via l'ITMF sur la qualité des fibres.

B.5.8. Pour résumer et éléments de perspective

Jusque maintenant, nous avons vu que la recherche est impliquée quand il s'agit de développer et d'utiliser des instruments de mesure autrement que pour la recherche (amélioration variétale, développement de procédés, étude de faisabilité, définition des modes opératoires, définition de la justesse et de la précision des mesure, ...).

Cette partie, comme lors du Projet CFC/ICAC/11, relève de l'utilisation à grande échelle d'instruments de mesure. Nous avons pu voir que d'autres questions de recherche se posent quand il s'agit d'utiliser les appareils de mesure à des échelles plus grandes, comme pour la classification commerciale balle à balle des productions cotonnières. Il faut en effet adapter leurs conditions d'utilisation à leur milieu, aux compétences en place et si besoin les développer, développer des méthodes spécifiques faisant réponse à des besoins également spécifiques.

Toutes ces actions ne peuvent pas être conduites séparément d'une action publique, politique, d'information, de formation, d'explication et donc d'une démarche de conseil et d'appui aux politiques publiques, sectorielles et/ou associatives. Nous avons déjà ressenti cette dimension quand nous avons abordé la création de matières de référence pour l'étalonnage des appareils de mesure.

En allant au-delà, nous avons pu voir également que la recherche doit répondre à des questions sociétales ; les résultats des enquêtes France et Monde réalisées sur le lien entre 'qualité' et valorisation ont montré que les caractéristiques abordées dans mon activité et dans cet ouvrage sont importantes pour la société, confirmant en partie les enquêtes réalisées périodiquement par l'ITMF avec une méthode complètement différente (enquête de satisfaction non pondérées).

Le dernier point réside dans la capacité de la recherche à informer en retour la société ; le Projet CSITC a permis d'informer largement les professionnels du coton sur les conditions de bonnes pratiques de laboratoire et d'utilisation des résultats d'analyses. En outre, à titre personnel, je contribue à informer 'le grand public' sur les résultats de la recherche car je suis à l'origine et j'alimente en sujets et orateurs les « Rencontres du Budel » programmée dans mon village avec le concours des associations locales et de la Mairie.

Eléments de perspective : Outre la validation à grande échelle de nos résultats, il est clair que tant que 100% des balles ne seront pas commercialisées sur la base de résultats instrumentaux, des apports de la recherche seront nécessaires. Pour l'heure, si ce pourcentage de balles classées se stabilise autour de 70%, c'est en raison du manque de connaissance sur la relation entre critères de qualité et prix de vente – si les acteurs ne voient pas leur bénéfices, aucune 'politique publique' ne pourra se mettre en place. Cette relation est bâtie sur la capacité des fibres à être transformées en tel ou tel produit pour telle ou telle valeur ajoutée. Cela requiert une approche multidisciplinaire économie, étude des organisations, sociologie, technologie, et études des procédés, la participation à des études de cycles de vie, ..., même si la difficulté d'obtenir l'information 'prix' reste très présente.

Les applications attendues de ces approches sont par exemple une meilleure organisation des marchés d'achat du coton-graine pour une meilleure valorisation des productions, une meilleure organisation des cycles d'égrenage préservant la qualité des fibres, une organisation de la constitution des lots de balles en fonction de la qualité des fibres et de la demande des clients, une orientation dans la création variétale et des itinéraires techniques de production ...

B.5.9. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

Dans cette thématique, je suis intervenu comme co-créditeur et comme co-gestionnaire du Projet CSITC, comme responsable de la composante D, comme co-encadreur de thèse et de post-doc, et comme responsable des activités confiées au LTC pour le Projet CSITC (Figure 108).

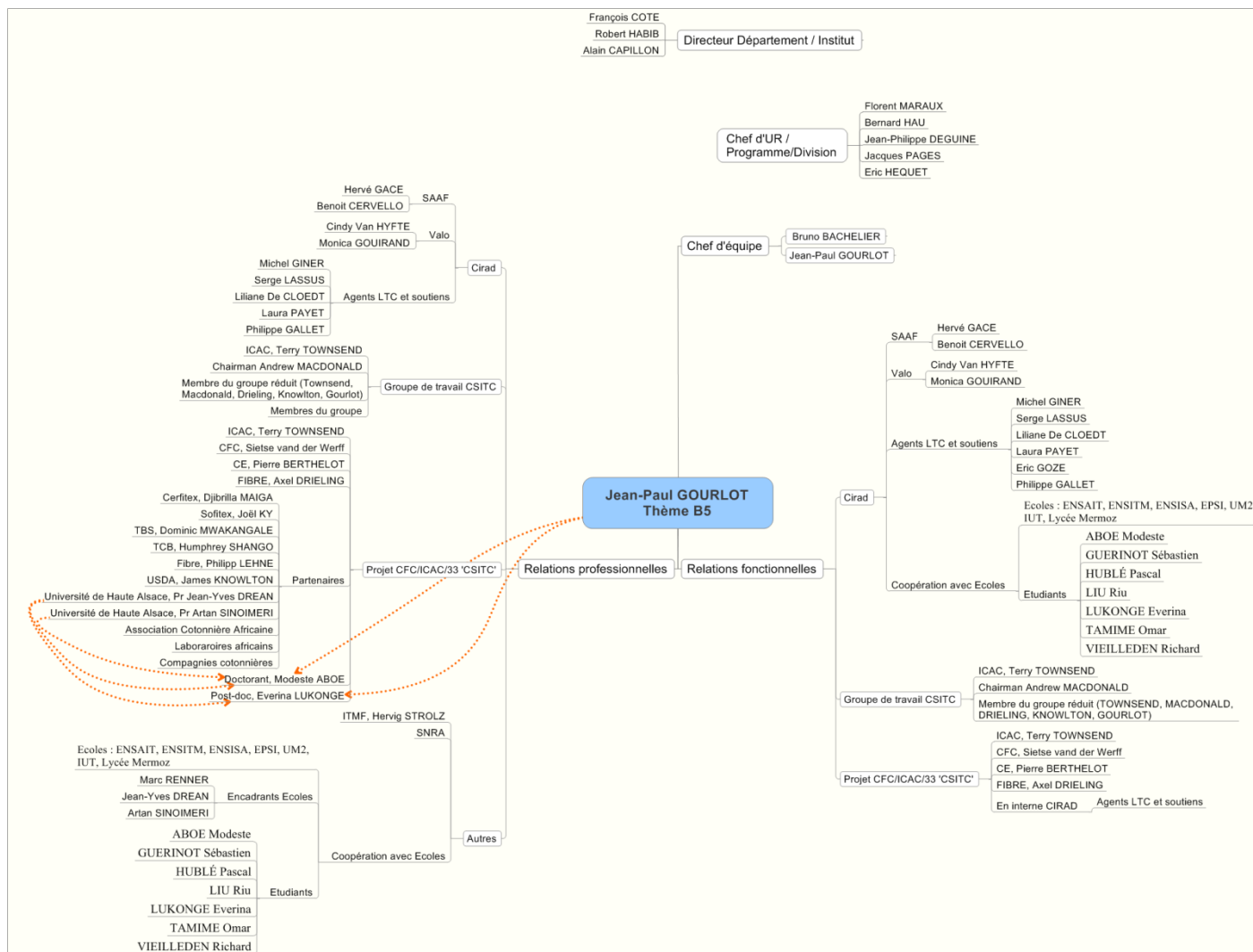


Figure 108 : Relations et coopérations pour la thématique B5.

B.6. Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres

Suite à l'établissement de relations entre caractéristiques de filés et celles des fibres par le LTC avec ma contribution, l'hypothèse de l'importance du frottement inter-fibre sur leur filabilité a été posée par Frydrych (CIRAD), et Dréan et Sinoimeri (LPMT-UHA).

Depuis lors, Nowrouzieh (2007) et Ahmad (2012) ont étudié la question de la mesure du frottement des fibres et les facteurs affectant la mesure (Nowrouzieh 2007; Ahmad 2012). La bibliographie sur les études passées nous indique que la mesure du frottement inter-fibre est au moins dépendante des critères suivants :

- des caractéristiques intrinsèques des fibres (forme de la fibre, état de surface, présence de cires, longueur, maturité, finesse, teneur en eau, frisure naturelle, ...);
- des traitements des fibres (débouillissage, ...);
- de la présentation des fibres dans le ruban ou la mèche (crochets ...);
- du réglage des machines qui produisent le ruban;
- et de la filature proprement dite qui affecte la fabrication du filé et sa structure si l'on veut bâtir des relations avec les caractéristiques de fibres.

Pendant ces travaux de thèses, deux appareillages *Static Friction Tester* (SFT⁴²), un appareillage monté sur dynamomètre (Figure 109) et un appareillage indépendant de mesure (Figure 111), ont été créés et développés. L'objectif fut de préciser le mode opératoire d'utilisation de ces appareillages, et de vérifier que les résultats de mesure obtenus aient une capacité prédictive des performances sur filés, raison pour laquelle les doctorants ont disposé de la micro-filature du LTC.

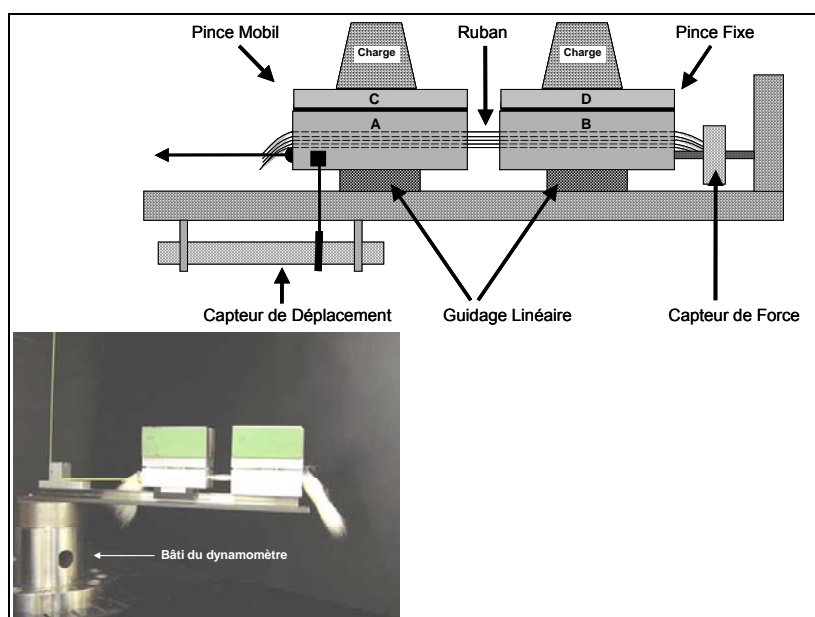
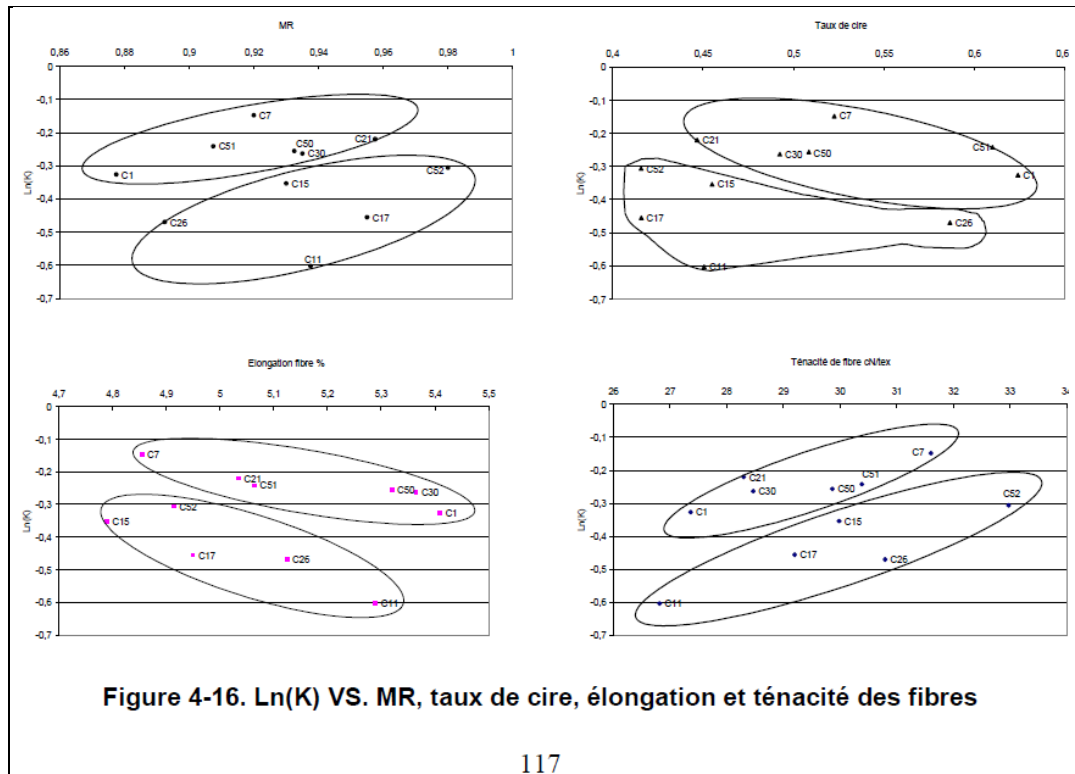


Figure 109 : Prototype de Static Friction Tester (Nowrouzieh 2007).

Pour les deux thèses, connaissant l'importance du collage et des débris de coque sur la filabilité des cotons (Tamime 2000; Krifa 2001), nous avons tenté de sélectionner des cotons exempts de ces deux contaminations, tout en constituant des gammes larges dans les caractéristiques majeures des fibres.

Nowrouzieh est parvenu à montrer qu'une segmentation de son jeu de onze échantillons était possible en deux groupes en fonction de la caractéristique de frottement mesurée par SFT (Figure 110), relations confirmées sur la dynamométrie et la régularimétrie des filés 20 tex.



117

Figure 110 : Relation entre frottement - $\ln(K)$, K étant le coefficient de frottement - et certaines caractéristiques de fibres (Nowrouzieh 2007).

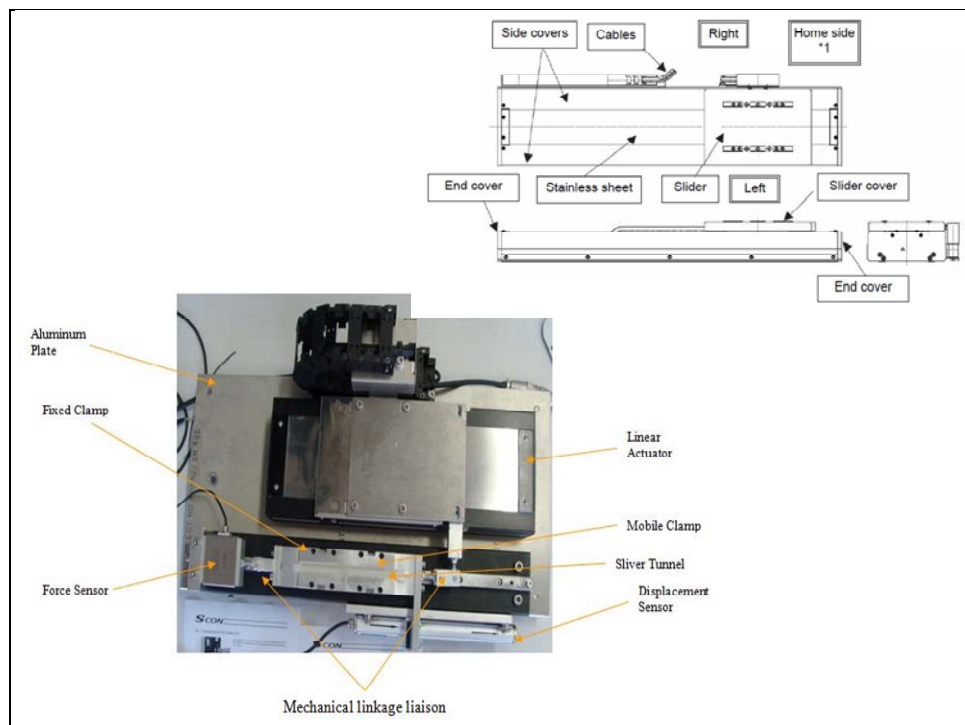


Figure 111 : Appareil SFT (Ahmad 2012).

Avec son dispositif indépendant (Figure 111) et un jeu de 30 cotons transformés en fils 25 tex à 3 torsions différentes, Ahmad a montré que le même type de modèle d'exploitation des données brutes du SFT que Nowrouzieh peut être utilisé. Sur les rubans prélevés en cours de filature, Ahmad a réalisé les tests SFT dans des conditions définies par ses soins et c'est dans l'exploitation des données que je

suis plus particulièrement intervenu. D'un commun accord, les conditions d'interprétation et les résultats déduits ont été les suivants [Extrait thèse Ahmad] :

- Force is first expressed in volt, with the following calibration: 1 volt = 10 newton
- Mobile clamp is moved at 20 mm/mn for around 2 minutes
- Force signal is acquired at 1 kHz frequency
- In consequence, one record of data is taken at each 0.0005 mm.

SFT produces a text file containing one line of data for each step of displacement of the SFT mobile clamp. Each test then produces around 70 000 to 90 000 lines of data.

In order to detect the force corresponding to the start of the plateau, several calculation steps are performed:

- Removal of the noise at the start of the record by finding the beginning of the slope in the signal (Figure 112, a) in order to not find a slope at zero when the test is even not started;
- Smoothing of the signal with a moving average over 400 data lines up to a maximum of 40 000 lines in order to ease the calculation under Excel and to remove noise in the signal (Figure 112, b);
- Selection of 1 line out of 10 for working only on 4000 data summary lines and calculation of slopes over 20 values along the 4000 data summary lines in order to ease the calculation under Excel and to remove noise in the signal (Figure 112, c);
- Smoothing of the slope signal with a moving average over 400 data lines up to a maximum of 4000 lines in order to remove noise in the signal (Figure 112, d);
- Detection of the first time that the smoothed slope is equal to 0 to find the corresponding step and the corresponding smoothed force (Figure 112, e).

This principle has been used for 30 cottons * 4 masses * 6 replicates equivalent to 720 SFT files.

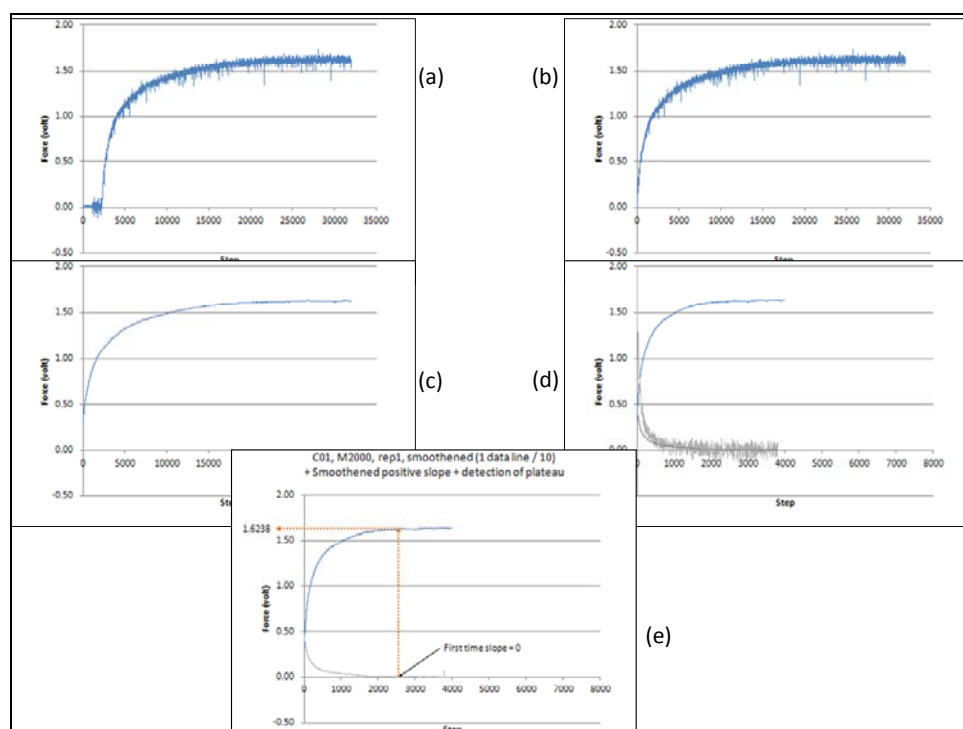


Figure 112 : Modalités d'extraction des données pertinentes des signaux obtenus lors des tests SFT.

Les relations trouvées par Ahmad entre les critères de fibres, incluant ceux du SFT à partir des données ci-dessus et des modèles proposés, les résultats de caractérisation sur filés montrent l'importance du frottement, même si des groupes de cotons ne peuvent pas être déduits de cette analyse comme l'avait proposé Nowrouzieh.

B.6.1. Pour résumer et éléments de perspective

Bien qu'étant en principe très importante pour l'explication du comportement des fibres pendant la transformation en filés et dans leurs caractéristiques, le frottement est une mesure très difficile à réaliser. En outre, la mesure elle-même est dépendante d'un nombre important de caractéristiques des fibres. En ce sens, on pourrait dire que la mesure du frottement est une 'mesure composite' des autres caractéristiques de fibres, ce qui peut la rendre intéressante dans la mesure où on parviendra à en contrôler tous les aspects.

Eléments de perspective : en premier lieu, il s'agira d'analyser tous les résultats obtenus par Nowrouzieh et Ahmad pour en déduire les conditions qui ont conduit à des conclusions légèrement divergentes en termes d'explications des caractéristiques des filés. En parallèle, on pourra amener les dernières améliorations techniques et technologiques sur l'appareil nécessaires à une mesure encore plus fiable, avant de procéder à des essais complémentaires. En complément, comme cette mesure est dépendante d'autres caractéristiques, il sera sans doute nécessaire d'approfondir leurs mesures et leur connaissance au préalable. Notons en outre qu'une hypothèse avancée pour expliquer la divergence de résultats entre Nowrouzieh et Ahmad réside dans la différence d'âge des cotons utilisés : ceux de Nowrouzieh venaient d'être produits alors que certains cotons utilisés par Ahmad ont été puisés dans la fibrothèque du LTC et étaient stockés depuis de nombreuses années. Cette hypothèse pourra être testée dans le cadre d'une expérimentation montée par Bachelier sur le vieillissement des cotons et son effet sur la mesure des caractéristiques technologiques des fibres de coton.

B.6.2. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

Dans ce cadre, et contrairement à ce qui est indiqué dans le titre ci-dessus, je considère que c'est moi qui ai apporté un appui, plutôt que de l'avoir reçu, et cela explique le format un peu particulier de ce thème (pas d'hypothèse posée comme dans les autres thèmes) ; ainsi, Richard Frydrych, Jean-Yves Dréan et Artan Sinoimeri ont été les moteurs dans la réalisation de ces études, et j'ai contribué aux deux thèses par mes apports techniques et scientifiques, mes recommandations en termes d'expérimentation, dans l'analyse / l'extraction des données pertinentes des essais SFT, et dans mon soutien à la rédaction des deux étudiants (Figure 113).

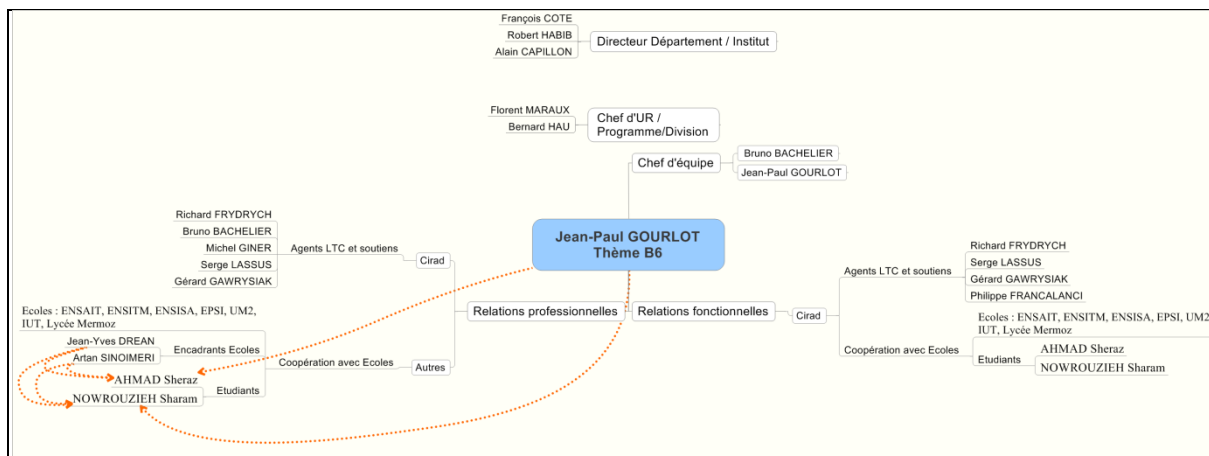


Figure 113 : Relations et coopérations pour la thématique B6.

B.7. Démarche qualité selon le référentiel ISO 17025

La démarche générale entreprise autour de la création de SISTER a été le premier pas vers une démarche qualité intégrale (comme vu au paragraphe B.1.5) selon le référentiel ISO 17025 initiée formellement en 2004. Afin de mettre en œuvre cette démarche qualité, nous avons créé une pyramide documentaire (des dizaines de documents validés par mes collègues et par des expertises externes)

décrivant nos actions en liaison avec la démarche existante gérée par SISTER en y ajoutant des outils de gestion décrits ci-dessous. En outre, les analyses de caractérisation ne peuvent être réalisées correctement que si les femmes et les hommes qui les réalisent disposent de toutes les compétences pour les réaliser ; il faut donc s'assurer que la démarche qualité prend bien en compte tous les aspects humains de leurs activités. Enfin, comme les fibres de coton sont hygroscopiques, il est nécessaire de maintenir des conditions d'ambiance précises dans les laboratoires (Figure 103) ; nous décrirons ici quelques-unes des dispositions prises – issues de recherches préalables – pour y parvenir, en particulier pour réaliser toutes les caractérisations des recherches décrites dans cet ouvrage. Nous aborderons donc les hypothèses suivantes :

- La traçabilité est le seul moyen d'assurer la fiabilité des résultats sur le long terme (B.7.1) ;
- Les mesures des conditions d'ambiance des laboratoires sont validées et l'ambiance est correctement réglée et tracée (B.7.2) ;
- Le capital humain est essentiel dans la mise en place d'une démarche qualité et l'affichage de son implication doit s'inscrire dans les procédures d'entreprise (B.7.3).

B.7.1. La traçabilité 'intégrale' est le moyen d'assurer la fiabilité des résultats à long terme.

En 2004, j'ai décidé de lancer le LTC dans une démarche qualité sous référentiel ISO17025 afin de le préparer à l'avenir et lui permettre d'être potentiellement prêt pour les appels d'offre européens à projets qui nécessitent de plus en plus cette reconnaissance pour y accéder. Il a donc été nécessaire de reconnaître que SISTER, outils de gestion des résultats du LTC et de leurs conditions d'obtention, n'était pas suffisant pour couvrir l'intégralité du spectre couvert par la norme ISO 17025.

Deux outils additionnels ont donc été mis en œuvre pour compléter le dispositif :

- SPLIT4 (logiciel partagé au CIRAD pour la gestion métrologique) ;
- et BDD_SQTCOT que j'ai créé pour gérer la pyramide documentaire en lien avec tous les outils et toutes les pratiques existantes.

L'automatisation du lien entre ces outils a été réalisée avec des stagiaires sous ma supervision et celle de Michel Giner pour permettre une intégration et une complémentarité des outils (Figure 114).

B.7.2. Le capital humain est essentiel dans la mise en place d'une démarche qualité et l'affichage de son implication doit s'inscrire dans les procédures d'entreprise

Comme indiqué plus haut, l'objectif d'accréditation ISO 17025 requière de prévoir toutes les dispositions nécessaires au management des personnels ; or cela recouvre une dimension qu'un 'technicien' comme moi ne possède pas forcément, surtout quand il s'agit de s'assurer que les dispositions prises respectent le cadre réglementaire et légal. J'ai fait intervenir une stagiaire M2 (Julie-Marie Moreno) pour réaliser le travail d'intégration des procédures de gestion du capital humain de l'entreprise avec celles du LTC, pour décrire les interfaces et leurs natures et mettre en œuvre des procédures adaptées.

Comme dans la recherche et dans d'autres activités, une démarche qualité requière que tous les intervenants parlent le même langage et qu'ils disposent de la même définition pour chacun des mots utilisés dans le langage courant des activités réalisées ; si cette activité a été formatrice pour la stagiaire, elle l'a été également pour moi ; en effet, les langages des 'sciences molles' et des 'sciences dures' sont parfois très différents et la construction d'un dictionnaire commun fut vraiment nécessaire. Cette expérience très formatrice a débouché sur l'amélioration dans l'utilisation d'un langage simple et commun dans le cadre des expertises et des formations professionnelles. Il débouche également sur une manière particulière de réfléchir et de transcrire les expériences et leurs résultats dans les productions écrites en prenant en compte le public visé.

B.7.3. Les mesures des conditions d'ambiance des laboratoires sont validées et l'ambiance est correctement réglée et tracée

Dans le travail conjoint entre démarche qualité et projet CSITC, nous avons recommandé de maintenir les conditions d'ambiance dans les laboratoires grâce au dispositif décrit en Figure 103. Cependant,

disposer de ce dispositif ne garantit pas que les conditions d'ambiance soient effectivement respectées ; il est donc nécessaire de chercher la meilleure méthode de validation, d'en décrire les modalités et de la valider. Plusieurs stagiaires ont été employés à ce travail qui a conduit à produire une procédure en six étapes opérationnelles et des documents de formation utilisés pendant le Projet CSITC (Payet and Gourlot 2009).

Ainsi, après avoir défini des zones de travail, de stockage et de passage, jusqu'à six lieux de relevés ont été identifiés par salle du LTC. Sur ces six lieux, des relevés concomitants sont effectués à cinq niveaux d'altitudes tirés au hasard pendant deux heures de manière à construire une cartographie en trois dimensions des conditions d'ambiance (température et humidité relative). Un dispositif de calcul et de représentation automatisé a été mis en place pour faciliter la collecte et la représentation des résultats obtenus ou que l'on peut compléter par des représentations en 3D (Figure 115). Dans les deux cas, on peut ainsi pallier aux éventuels problèmes de réglage. Un système automatique a d'ailleurs été créé pour avertir tous les agents impliqués par courriel des alertes relatives à des sorties de conditions normales de laboratoire.

B.7.4. Conclusion et éléments de perspective

Grâce à toutes les énergies et tous les efforts consentis, l'accréditation a été obtenue en mars 2012 et reconduite en mars 2013 auprès du COFRAC (Figure 116). Cela a confirmé la qualité des performances de notre laboratoire, et a permis de continuer à affirmer notre rôle de laboratoire de référence international.

Eléments de perspective : cette accréditation permet d'assurer que les résultats d'analyses, qu'elles soient pour des clients publics ou privés, des projets de développement ou de recherches, sont obtenus de manière traçable et fiable, et ce sur le long terme grâce à la philosophie intrinsèque aux démarches qualité relatives à l'amélioration continue.

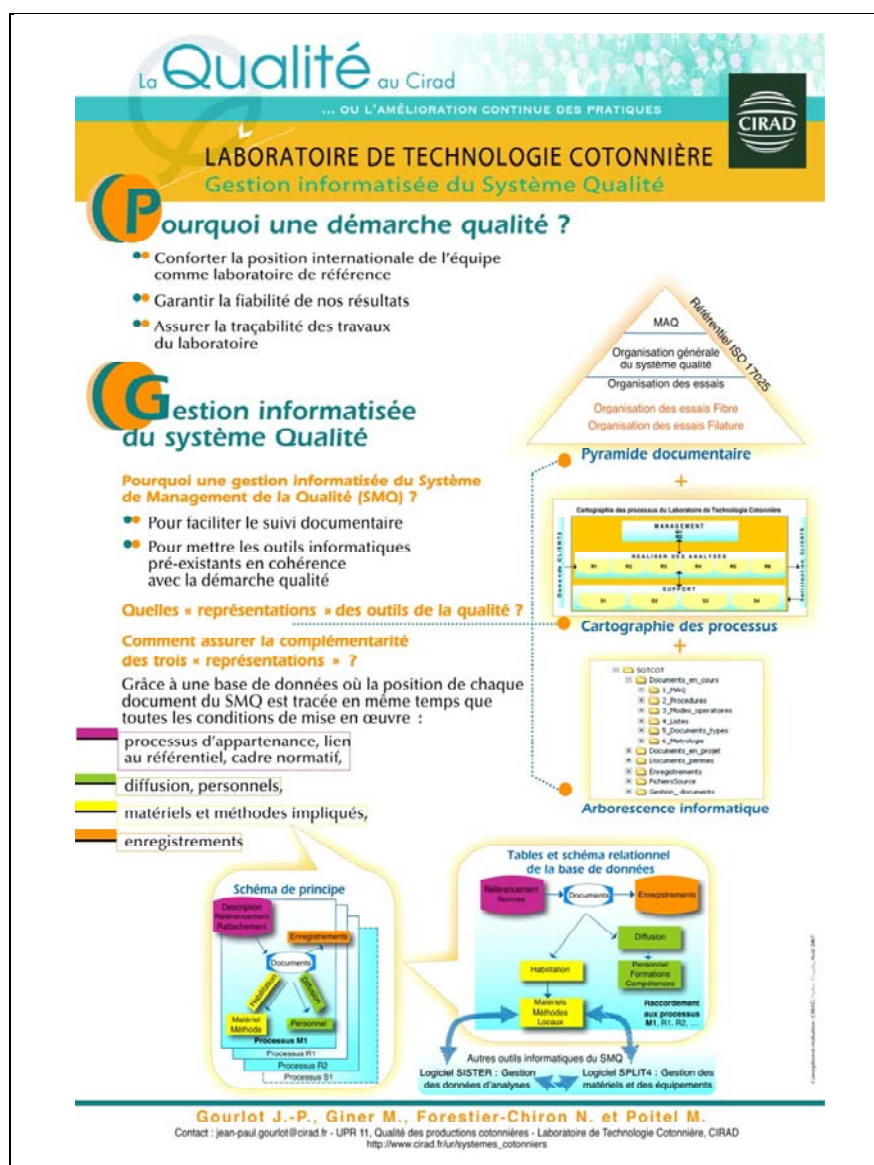


Figure 114 : Schématisation de l'apport de BDD_SQTCOT dans la gestion du système qualité du LTC.

B.7.5. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

Une démarche qualité n'est possible que grâce à une volonté politique et grâce à l'adhésion de tous les participants ; j'ai eu la volonté politique et j'ai donc assumé la responsabilité de Responsable Animation Qualité (RAQ) depuis 2004 jusque 2011. J'ai pu bénéficier de l'appui nombreux assistants qualité et de celui de tout le personnel du LTC. Par ailleurs, les budgets de fonctionnement ont de plus en plus intégré des montants relatifs à la démarche qualité, montrant une prise de conscience progressive de nos directions. Evidemment, les personnels dans l'environnement du LTC (services d'appui, fournisseurs, ...) ont également apporté leurs contributions (Figure 117).

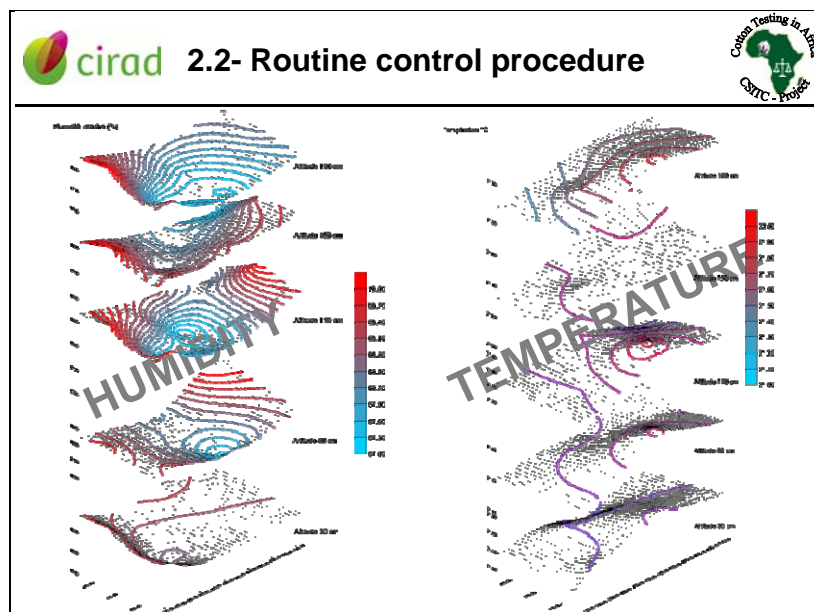


Figure 115 : Cartographie 3D des conditions d'ambiance dans une salle du LTC.



Figure 116 : Certificat d'obtention de l'accréditation selon ISO 17025.

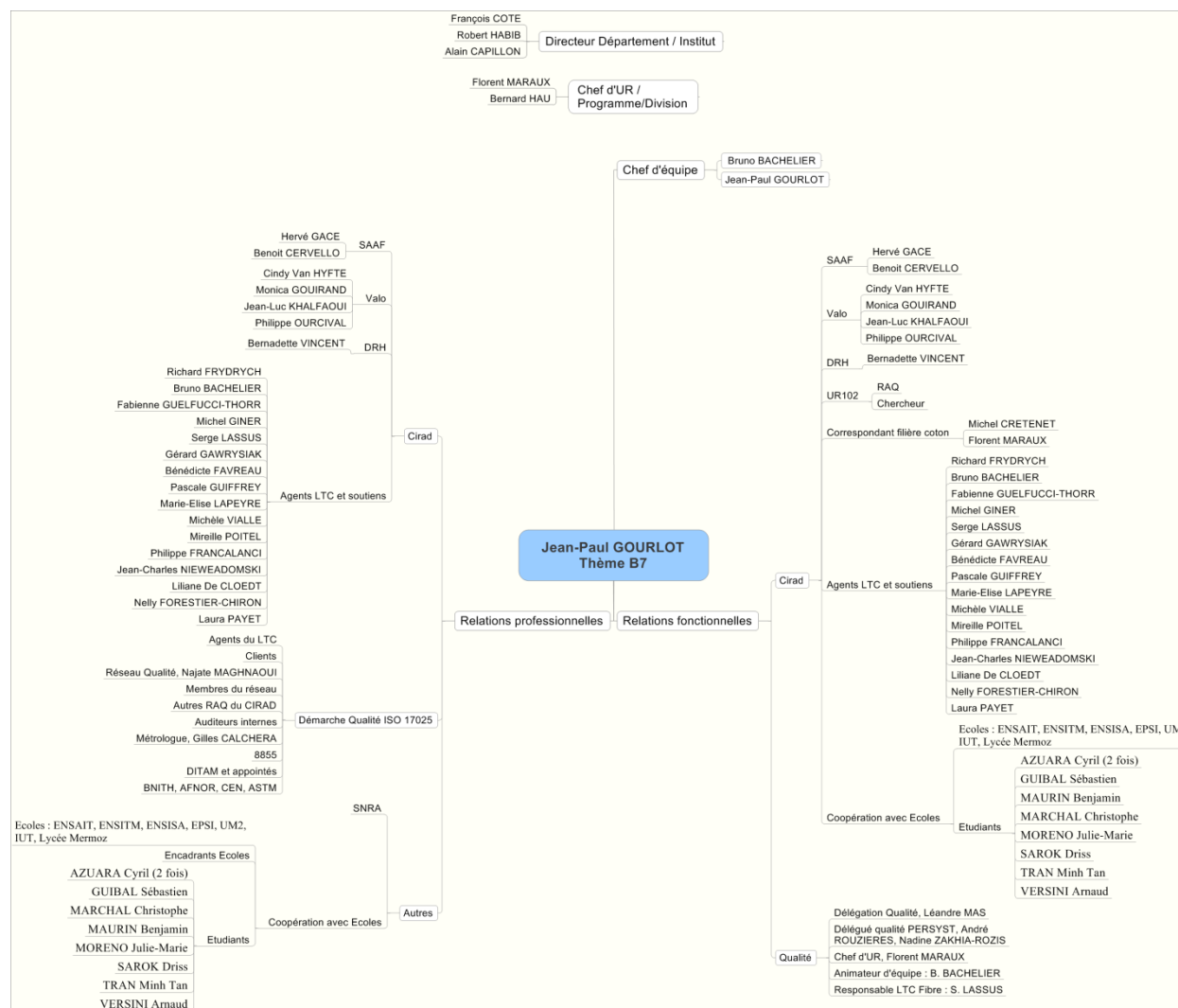


Figure 117 : Relations et coopérations pour la thématique B7.

B.8. Etude des mélanges de fibres de natures différentes

Depuis mes débuts en recherche en technologie s'est posée à moi la question de l'importance de l'homogénéisation initiale des échantillons sur la précision et la justesse de leur caractérisation. Comme nous l'avons vu au paragraphe B.1, les précisions des mesures dépendent de nombreux facteurs, et ce en particulier pour les échantillons en provenance des programmes d'amélioration variétale. Le résultat de la récolte (capsule, plant, lignée, parcelle, ...), le mode d'égrenage (rouleau, scie), la taille de l'égreneuse (mini-égreneuse, largeur du rouleau, nombres de scies) affectent l'homogénéité des échantillons (et sa reproductibilité ...) et conditionnent ainsi les modes opératoires de caractérisation mis en place. Ainsi, dans la plupart des modes opératoires mis en place au LTC, les échantillons sont ouverts et homogénéisés à la main avant leur conditionnement et leurs caractérisations. Cependant, certaines expérimentations ont montré qu'un effet opérateur existe dans la préparation des échantillons, et donc sur la précision des résultats. En outre, dans les expérimentations de recherche, le moment où l'échantillon est homogénéisé et la manière dont cela est réalisé peuvent altérer complètement les résultats et interprétations obtenus. Diverses tentatives de création d'un mélangeur de fibres ont donc été tentées (exemple de 'mélangeur artisanal' Figure 118).

Dans ce thème, nous allons aborder deux exemples différents de ce qui a été entrepris sur la thématique de l'homogénéisation des matières :

- Homogénéisation et préparation des échantillons pour des tests inter-laboratoires ou des caractérisations en amélioration variétale (B.8.1) ;
- Homogénéisation et préparation/mélange de transformation industrielle de fibres de natures différentes : cas du mélange de fibres coton-soie thaïlandaise (B.8.2).

B.8.1. Mise au point d'un mélangeur de fibres pour les échantillons des tests inter-laboratoires

Dans les tests inter-laboratoires de caractérisation du coton, les résultats de chaque laboratoire sont comparés à la moyenne de tous les laboratoires. L'organisation de ces tests requiert de préparer des échantillons de plusieurs cotons dont les caractéristiques couvrent une gamme dans plusieurs caractéristiques mesurées. Chacun de ces cotons doit être homogène avant sa division en plusieurs échantillons et leur envoi aux laboratoires ; l'objectif est de ne comparer que les résultats des laboratoires, et non pas une interaction entre l'impact de la matière, celui du laboratoire, et celui des techniciens.

Suite à des demandes particulières, les tests périodiques inter-laboratoires du CSITC (vus au B.5) ont inclus un cinquième coton (en plus des quatre américains) en provenance d'autres zones de production pour que toutes les productions mondiales puissent être représentées ; néanmoins, la variabilité intraballe est systématiquement estimée avant expédition. Pour ce qui concerne les tests régionaux des centres techniques régionaux, le projet CSITC incluait l'utilisation des cotons régionaux, au besoin homogénéisés grâce à un appareillage conçu et fabriqué dans le cadre du projet à partir de schéma de principes issus de recherches antérieures (Figure 119) où nous avons tenté de contourner plusieurs complications techniques.

Nous avons tenté de conserver un maximum de souplesses et de réglages lors de la conception de cet équipement comme pour toutes les autres créations déjà décrites. Ainsi, la pression d'air dans le venturi, les distances entre chaque paire de cylindres, la pression entre les cylindres, et la vitesse tangentielle de chaque paire de cylindres sont réglables.

Laura Payet a supervisé la construction du prototype de cet équipement, et la construction de trois copies de cet appareil avant d'en valider le mode opératoire d'utilisation pour les tests régionaux des centres techniques régionaux créés dans le projet CSITC (Figure 120, Payet, Gourlot et al. 2010; Gourlot 2012b). Le mode opératoire a également été validé pour l'organisation des tests périodiques de Brême où l'efficacité de l'homogénéisation du mélange apporté a été prouvée.

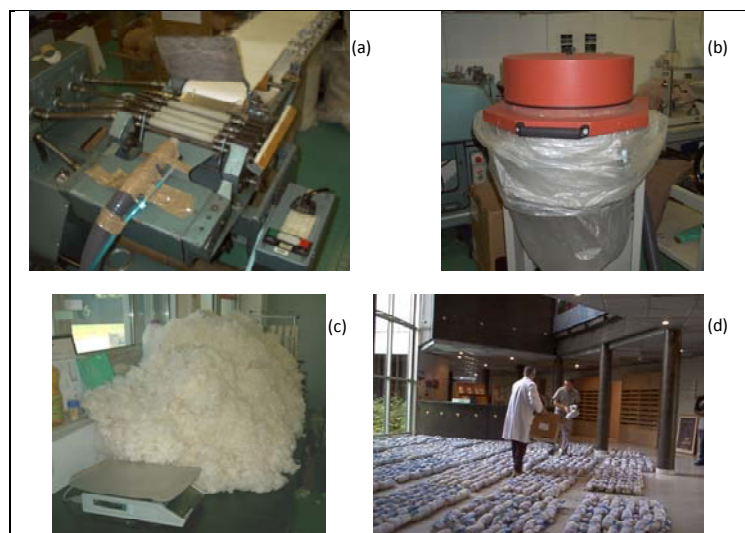


Figure 118 : Exemple de ‘mélangeur artisanal’ de laboratoire (2005). (a) Etirage et venturi, (b) système de récupération des fibres, (c) échantillon de 400 grammes après mélange et (d) tous ces échantillons ont été homogénéisés de cette manière.

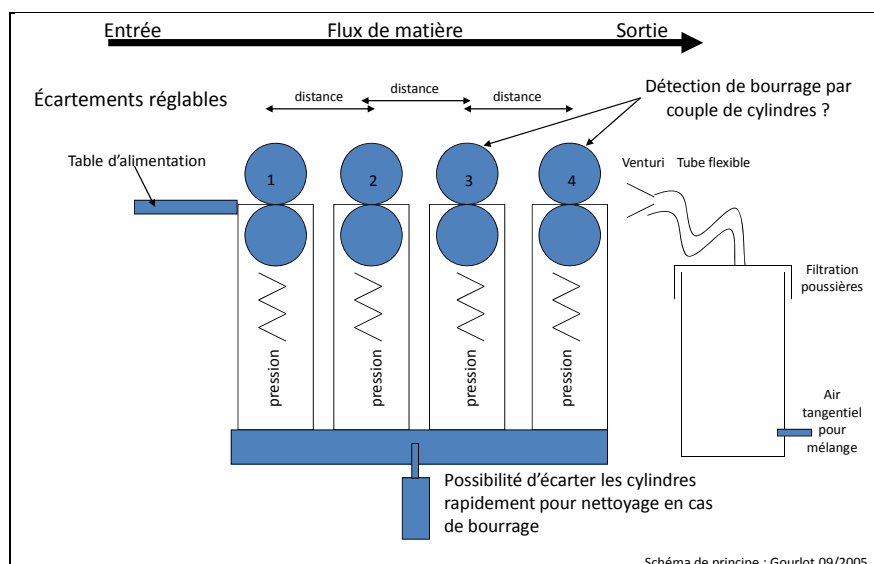


Figure 119 : Mélangeur/homogénéisateur de fibres : schéma de principe.



Figure 120 : Installation du mélangeur de fibres dans les CTR ; (a) avec G. Kaisi et D. Mwakangale), (b) avec Yamadou Sissoko par (c) Laura Payet.

B.8.2. Homogénéisation et préparation/mélange de transformation industrielle de fibres de natures différentes : cas du mélange de fibres coton-soie thaïlandaise

C'est à la suite d'une convention bilatérale entre la Thaïlande et la France que le Projet DORAS a été lancé en fin des années 1990, alors que j'étais responsable du LTC. La culture du coton était étudiée et soutenue conjointement par l'Université Kasetsart de Bangkok et le Cirad. Par ailleurs, la Thaïlande défend fortement la culture de la soie. Or, les déchets de soie dans l'industrie de la soie grège sont produits en quantité importante, de 25 à 30 % (Figure 121). Dans le cadre de ce projet, il est apparu intéressant d'utiliser ces sous-produits en mélange avec d'autres fibres, par exemple avec du coton, qui possède des propriétés de confort et est moins cher que la soie. En outre, ces deux fibres peuvent théoriquement être travaillées dans le système de filature « type coton », plus facile à mettre en œuvre, particulièrement en Thaïlande. Ce sujet, proposé et mis en œuvre par Rungsima Cholakup, doctorante, fut lancé sous ma responsabilité du LTC, et j'ai tenu à accompagner Rungsima jusqu'au bout de son travail remarquable et acharné, résumé très brièvement ci-dessous à partir des éléments de sa thèse (Chollakup 2004).

Trois types de sous-produits de soie hybride thaïlandaise dans l'industrie de la soie grège sont pris en compte, les frisons (SF), la bourre de filature (SB) et le cocon coupé (SC), qui représentent respectivement la partie externe, la partie moyenne et l'ensemble des cocons (Figure 121). Le coton mis en mélange dans cette étude est d'origine thaïlandaise.

Diverses études et caractérisations ont été menées sur les matières afin de mieux en connaître les propriétés. Les caractéristiques se sont avérées différentes pour les trois types de soie en raison de la nature des différentes origines de ces sous-produits de soie et de leurs procédés de préparation. Ces fibres sont également différentes de celles de coton. Ensuite, la micro-filature du coton du LTC a été utilisée pour étudier la faisabilité des mélanges coton-soie, avec le choix du mélange à l'étirage. Or, les réalisations de mélange soie-coton au banc d'étirage nécessitaient l'utilisation d'une carte semi-industrielle pour produire du ruban de soie pure. Après une optimisation du banc d'étirage, les fils de mélange à 25, 50 et 75 % de soie ont été filés ainsi que le fil de coton. Les résultats des caractéristiques des fils obtenus, en particulier la régularimétrie du fil, ont montré les différentes fibres des composants purs se comportent en petits paquets, et il a été constaté que la présence d'ensimage

influe sur le glissement inter-fibre et entraîne plus d'irrégularité pour les fils. En outre, l'étude de la migration des fibres dans la section du fil montre qu'une hétérogénéité non aléatoire du mélange et seule la couche externe (30% de la surface totale) du fil présente une distribution aléatoire des fibres mélangées. Ces résultats ne permettent pas d'expliquer aisément l'arrangement des fibres en fonction des types de mélange. Cependant, il s'agit d'une première évaluation qui indique clairement une tendance de migration.

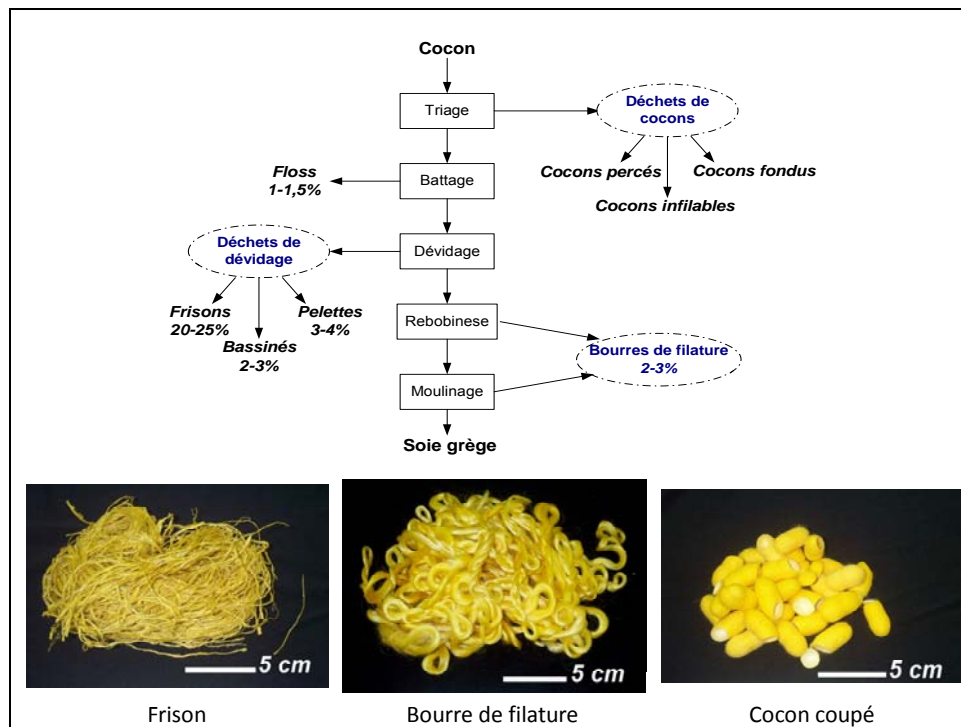


Figure 121 : Cycle de transformation de la soie thaïlandaise et photographies des déchets considérés dans cette thèse (Chollakup 2004, clichés Chollakup).

Lors d'essais en filature semi-industrielle au Maroc, il s'est avéré que, pour carder de la soie pure, il est nécessaire d'apporter de l'ensimage afin d'éviter une action agressive de la carde sur la longueur et la résistance des faisceaux de fibres. Le type de soie affecte différemment chaque caractéristique du faisceau et en particulier la soie SF augmente la longueur, la cohésion et l'allongement de rupture des mélanges. L'effet des différences de finesse, de longueur et de forme de section transversale entre les fibres mélangées (soie et coton) semble être plus important que l'effet du type de fibres de soie lui-même et donc. La soie SB, qui est plus résistante, améliore la ténacité et l'allongement à la rupture. En général, les caractéristiques de faisceaux de fibres augmentent avec les pourcentages de soie utilisés. Pour les filés créés à partir de composants purs, seule la soie SF produit un fil moins pileux que le coton. Les fibres de soie, SB, plus grosses et ayant plus d'irrégularité en longueur, contribuent à augmenter l'irrégularité et les imperfections ponctuelles, grosseurs et neps, pour les trois titres de fils (15, 30 et 50 tex). Les fibres de SC ayant la plus forte cohésion inter-fibre et étant aussi les plus longues, augmentent les propriétés mécaniques des fils. En outre, nous avons trouvé que l'effet des fibres plus fines (SF) est plus important sur la résistance du fil de 50 tex que sur celle de 15 tex.

En fait, en général, la présence de soie fait apparaître des neps et plus de pilosité dans les mélanges et augmente la résistance du fil. Cependant, les effets des finesses et des longueurs différentes de fibres de soie et de titres différents de fil sont plus importants que les interactions entre les facteurs de mélange.

La distribution de fibres dans la section transversale du fil en fonction des facteurs de mélange montre que les fibres courtes et grosses, comme le coton, ont tendance à migrer vers l'extérieur du fil alors que les fibres longues et fines, comme la soie, se déplacent vers l'âme du fil. En comparant les différentes fibres de soie, on observe que la soie SB et SC, qui ont des fibres les plus longues, migrent

vers le noyau du fil. La situation est différente pour la soie SF qui ne présente aucune migration radiale.

Finalement, à partir d'analyse sensorielle sur tricotés fabriqués avec des fils de 30 tex, ont montré que les tricotés mélangés avec les fibres plus fines et plus régulières en longueur (SF) procurent un toucher de surface particulier *doux* et *glissant*. Les mélanges en différentes proportions de soie semblent être capable d'améliorer certains descripteurs des tricotés de composants purs (soie et coton purs).

B.8.3. Conclusions et éléments de perspective

Pour ce qui concerne le mélangeur de fibres : il a été produit en trois exemplaires plus un prototype qui sont installés dans les laboratoires partenaires du Projet CSITC. Chacun de ces laboratoires pourra utiliser cet appareillage selon ses propres programmations.

L'étude des mélanges coton-soie a débouché sur des propositions de fabrication applicable sous réserve de quelques recherches complémentaires.

Eléments de perspective

Pour ce qui concerne le LTC, comme suggéré dans l'introduction de ce thème, il est possible que l'effet opérateur sur la préparation des échantillons et donc sur la précision des résultats puisse être retiré en utilisant le mélangeur pour tous les échantillons en provenance des programmes d'amélioration variétale. En outre, l'information sur la variabilité intra-échantillon serait alors également accessible comme critère de sélection. Cela reste à démontrer.

Pour ce qui concerne les mélanges coton-soie thaïlandaise, l'étude d'autres procédés de transformation que le principe anneau-curseur puisse apporter des opportunités en Thaïlande. Des études complémentaires portant sur l'analyse de la distribution des fibres dans la section des fils de différentes proportions et de différents titres permettraient de confirmer l'influence de ces paramètres sur les caractéristiques des mélanges et d'élargir ces études à d'autres fibres en mélanges. Enfin, si cela n'a pas été fait entre temps, il serait intéressant de confronter les résultats d'analyse sensorielle sur toutes les étoffes fabriquées (Rungsima, malgré son immense ardeur à la tâche n'a pas pu tout tester, transformer et évaluer en analyse sensorielle) à ceux d'instruments de mesure comme le système d'évaluation « objectif », KES. L'analyse sensorielle sonore pourrait aussi être développée pour obtenir des profils d'évaluations des étoffes plus complets.

B.8.4. Appuis reçus et encadrés pour cette thématique

Pour la construction du mélangeur de fibres, j'ai obtenu les financements auprès du CFC et de l'UE en co-montant le projet CSITC. Les premiers essais de mélangeurs ont débuté avec Véronique Orssaud sans compter les essais de Frydrych. Lors d'une étude pour un partenaire privé non mentionnée dans cet ouvrage (excepté par la Figure 119), nous avons pu voir que le principe posé (Figure 120) était viable, même pour de grandes quantités de fibres à homogénéiser. J'ai eu l'opportunité d'embaucher Laura Payet qui a supervisé la fabrication du prototype et des copies améliorées, finalement distribuées chez nos partenaires, et qui a présenté les résultats de ses études à l'ITMF-ICCTM à Brême en 2010.

Pour ce deuxième thème sur les mélanges coton-soie, et contrairement à ce qui est indiqué dans le titre ci-dessus, je considère que c'est moi qui ai apporté un appui, plutôt que de l'avoir reçu, et cela explique le format un peu particulier de ce thème (pas d'hypothèse posée comme dans les autres thèmes) ; en effet, le projet DORAS fut lancé au moment où j'étais responsable du LTC, et nos accords avec l'Université de Bangkok m'ont permis de valider le recrutement de Rungsima Cholakup. C'est avec plaisir et intérêt que j'ai pu voir qu'une opération bien préparée peut conduire au succès longtemps après notre intervention et quasiment sans notre implication (même si j'ai désiré contribuer au travail de rédaction de la thèse dans une certaine mesure). Ainsi, Richard Frydrych, Jean-Yves Dréan et Artan Sinoimeri ont été les moteurs dans la réalisation de ces études.

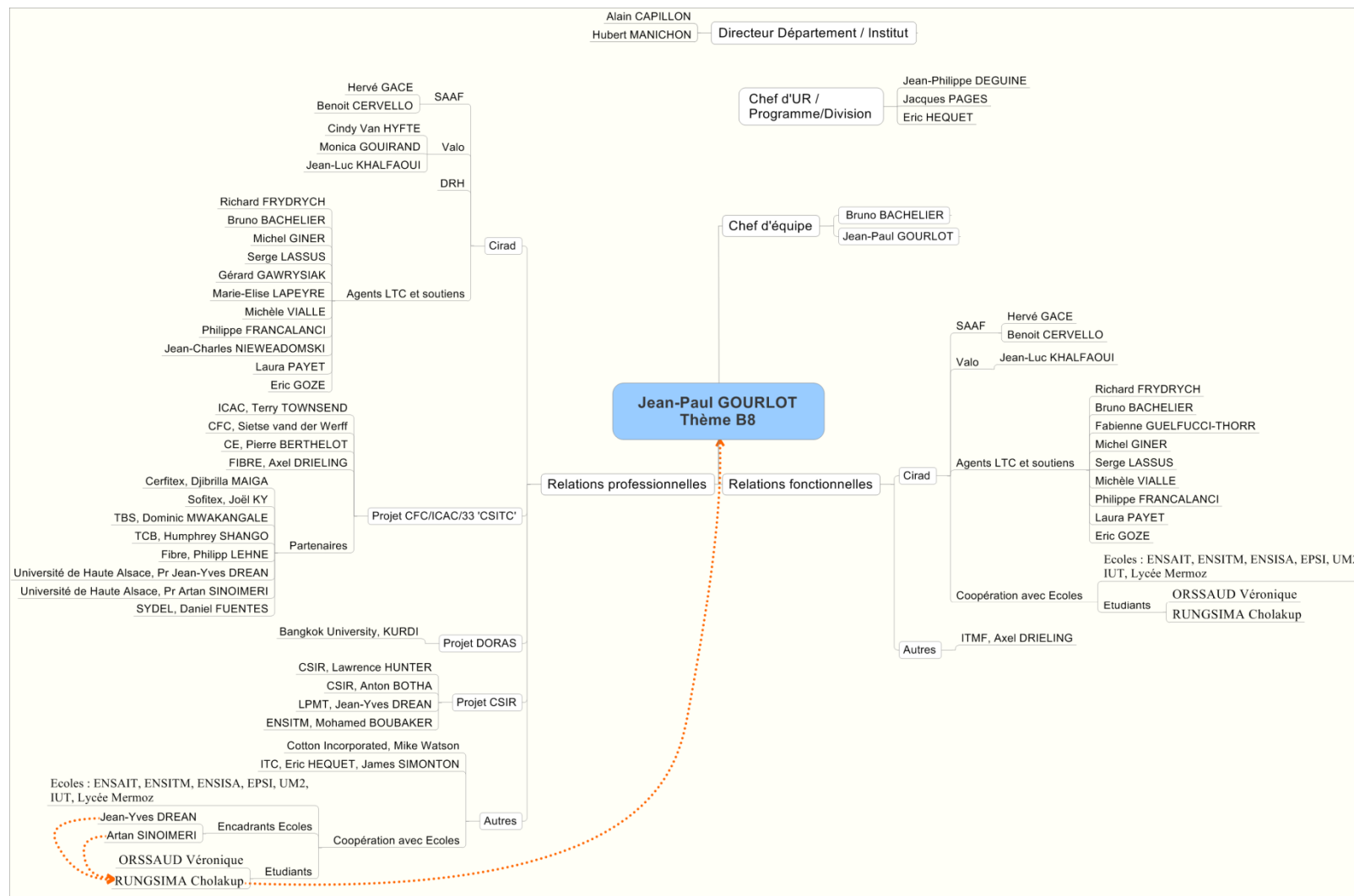


Figure 122 : Relations et coopérations pour la thématique B8.

Chapitre C : Conclusion générale sur les activités conduites et mes activités en quelques chiffres

Dans cet ouvrage, nous avons pu voir que huit différentes thématiques ont été abordées : 1) l'adaptation des conditions d'utilisation d'appareils de mesure intégrés dans les conditions d'un programme d'amélioration variétale, 2) l'étude de l'influence de certains contaminants comme les débris de coque et 3) comme le collage entomologique sur la filabilité des fibres, 4) l'étude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres sur la mesure de leur ténacité, 5) l'application de l'utilisation d'appareils de mesure intégrés à l'échelle de la commercialisation des fibres, 6) l'étude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres, 7) la mise en œuvre d'une démarche qualité selon référentiel ISO 17025 pour le LTC, et 8) l'étude des mélanges de fibres de natures différentes. Ces thématiques recouvrent en fait les quatre mots-clés suivants : Fibres naturelles ; Caractérisation (métrologie, moyennes, variances, limites d'usage) ; Harmonisation des pratiques (normalisation, démarche qualité, formation, enseignement) ; Aptitude à la transformation (depuis leur production).

Ces activités scientifiques ont conduit à de nombreux projets dont j'ai en partie coordonné l'obtention des fonds et/ou géré des fonds publics ou privés. Cette activité a permis l'acquisition et au partage de la connaissance des méthodes de caractérisation et des méthodes de transformation des fibres de coton en étoffes au CIRAD. Grâce à ces connaissances, mes recherches ont été concentrées sur la caractérisation instrumentale des fibres de coton (instrumentation, normalisation, harmonisation), sa reproductibilité, et son utilisation pour 'prévoir' la 'qualité' des produits qui en sont issus, cela pour créer des variétés de cotonnier dont les fibres sont adaptées à la demande. Le fil conducteur qui m'a permis de développer ces sujets est le lien nécessaire entre la métrologie (création/adaptation instrumentale ou connaissance des principes et méthodologies d'analyse à disposition, définition de la gamme de validité des mesures, mode, type et préparation des échantillons, justesse et précision des résultats, représentativité des résultats) et l'utilisation des résultats de caractérisation pour des applications plus larges (comme la recherche technologique, l'amélioration variétale, la recherche agronomique, et toute l'expertise qui en résulte vers des applications pratiques).

La réalisation de ces projets a conduit à des encadrements de doctorants, masters, ingénieurs, techniciens pour parvenir à produire de nombreuses productions écrites et orales, pour des formations professionnelles ou des informations de nos partenaires du Sud. Des partenariats ont été tissés et gérés pour conduire à l'acquisition de nouvelles connaissances permettant le développement de méthodes et d'appareillages encore utilisés à ce jour pour des activités d'amélioration variétale principalement et pour les clients finaux qui y trouvent également leur intérêt. L'harmonisation des pratiques de caractérisation est également au cœur de toutes ces activités afin de permettre l'établissement de bilans et d'expertises techniques fiables permettant l'amélioration des pratiques et de la qualité des productions en réponses aux demandes du marché textile.

Il m'apparaît utile de mentionner ici que j'étais le responsable de la partie analyse des fibres du LTC en même temps que je réalisais ces activités de recherche. Ainsi, selon les rapports d'essais enregistrés dans les différentes versions de SISTER, on estime à 70 000 le nombre d'échantillons traités de 1989 à 1997 grâce au travail quotidien des technicien(ne)s (qui a continué ensuite...), et environ autant entre 1998 et 2002.

En résumé, j'ai géré techniquement, scientifiquement, financièrement plusieurs des projets décrits ici – mais pas tous, et ceux-ci m'ont également conduit à défendre des propriétés intellectuelles tout en encadrant du personnel permanent et des étudiants (doctorants, masters, ingénieurs, techniciens supérieurs).

J'aimerais indiquer ici le plaisir que j'ai eu à découvrir des talents et à les encourager à exprimer leurs potentiels y compris quand leurs compétences et connaissances dépassaient largement les miennes.

Avant d'aborder le projet scientifique pour le futur dans la 3^e partie de cet ouvrage, les tableaux ci-après (Tableau 13 à Tableau 17) résument en quelques chiffres les activités scientifiques conduites sur la période.

Tableau 13 : Informations générales sur les activités au 15/01/2013.

Nombre d'années dans le milieu de la recherche	23
Nombre de missions internationales	environ 400 missions internationales, dont 70% liées à des activités de recherche, et 30 % à des activités d'expertise
Nombre approximatif d'heures d'enseignement (équivalent TD) :	1300 heures
Nombre approximatif d'années liées à des activités d'administration/animation :	13
Nombre de séminaires organisés ou co-organisés :	4
Nombre approximatif de relectures effectives pour des journaux scientifiques / nombre de demandes reçues :	40 réalisées / 72 proposées

Tableau 14 : Recherches de financements et projets financés au 15/01/2013.

2007-2011	Projet CFC/ICAC/33 : Commercial Standardisation of Instrument Testing of Cotton for the Cotton Producing Developing Countries in Africa	Co-montage du Projet Co-obtention de env. 8 Millions USD Co-gestion et co-organisation du Projet Gestion de 800 000 USD
2009-2012	Projet ONUDI-CIV : mise en place d'un système de classement en Côte d'Ivoire	Co-montage et co-gestion du projet de 30 000 €
2008	Acquisition d'une chaîne de mesure intégrée	Montage du Projet Obtention de 50 000 € de la région Languedoc Roussillon
2007	Projet ONUDI (Manuel Qualité) Projet 'teneur en eau – ténacité'	Co-montage du projet et obtention d'un crédit de 97 000 € Montage du projet et gestion de 30 000 €
2006-2008	Projet Facual : appui à la filière brésilienne en égrenage et en classification	Co-montage et co-gestion de 75 000 €
2006-2010	Projet IAM : mise en place d'un système de classement au Mozambique	Co-montage et co-gestion du projet de 30 000 €
1998-2001	Contrats privés + BCRD	Obtention et co-gestion de 653 000 €
2005	Projet UEMOA-ONUDI (Expertise : mise en place d'un système d'accréditation, de normalisation et de promotion de la qualité, dans le cadre du Programme Qualité de l'UEMOA financé par l'Union européenne et mis en œuvre par l'ONUDI) Projet CFC/ICAC/30FT : Fast Track – Commercial Standardisation of Instrument Testing of Cotton for the Cotton Producing Developing Countries in Africa	Co-montage et co-gestion de 100 000 € Co-obtention et co-gestion de 153 000 USD

2003	Projet laine noire	Montage et obtention 10 000 USD
2001	Séminaire final du Projet CFC/ICAC/11 : Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness	Obtention et gestion de 85 000 USD
2000	Acquisition d'une chaîne de mesure intégrée	Montage du projet et obtention de 75 000 € de la région Languedoc Roussillon
1997-2001	Projet CFC/ICAC/11 : Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness	Co-gestion partielle de 3 millions USD Gestion de 360 000 USD
1996-1998	Projet Reference Strength Tester	Obtention de moyens de fonctionnement d'une valeur approximative de 20 000 €
1993-1996	Mesure des SCF sur AFIS	Travail réalisé avec un budget d'environ 56 000 USD

Tableau 15 : Logiciels et appareillages créés.

CATI
SISTER
IDEAL99
BDD-SQTCOT
Trashcam
Système d'alerte à partir des données des thermo-hydrographes numériques
Mélangeur/homogénéisateur de fibres

Tableau 16 : Encadrements au 15/01/2013.

Sujet, Niveau	Nombre
Mise sous démarche qualité du LTC	16
Bac +2	9
Bac +3	1
Bac +4	5
Bac +5	
Recherche en technologie des fibres et des filés	35
Bac +2	4
Bac +4	8
Bac +5	15
Bac +8	8
Bac +9	2
Total général	53

Tableau 17 : Liste de publications (titre, revue, éditeur, année, pages) au 15/01/2013.

Chapitre	Typologie	Nombre de Références
9.1	Articles dans des revues internationales avec comité de lecture	7
9.2	Articles dans des revues nationales avec comité de lecture	11
9.3	Livres ou chapitres de livres	29
9.4	Brevets	0
9.5	Articles dans des conférences internationales avec comité de lecture	59
9.6	Articles dans des conférences nationales avec comité de lecture	0
9.7	Conférences invitées dans des congrès nationaux ou internationaux	5
9.8a	Communications orales dans des conférences internationales et nationales	53
9.8b	Communications orales dans des conférences internationales et nationales ⁰	18
9.9	Posters	6
9.10	Rapports de recherche, papiers soumis etc.	15
9.11	Thèse	1
Total général		204

⁰ Ces communications ont été données dans des conférences internationales de fin de Projets, avec public ouvert, avec orateurs internationaux sélectionnés en plus des partenaires de Projets, avec comité de lecture dont les membres sont choisis parmi les partenaires des Projets, et avec actes.

Partie 3 : Généralisation et proposition de projet scientifique

« Quand je repense à ce que j'ai dit il y a un demi-siècle, quand je repense à tous mes espoirs et à tous mes rêves de jeune homme, une conclusion s'impose. S'il faut avoir accompli tout ce que l'on avait prévu pour pouvoir se dire que l'on a réussi sa vie, alors, certains risquent de penser que j'ai raté la mienne. Mais à mon avis, il ne faut surtout pas laisser nos éventuelles déceptions ou nos regrets nous gâcher la vie. On doit être capable de tirer un trait sur son passé. Être capable d'accepter le fait que le soleil ne puisse pas briller tous les jours, et lorsque la tristesse et le malheur obscurcissent l'horizon, il faut se souvenir. Il faut se souvenir que c'est seulement quand les ténèbres nous entourent que l'on aperçoit les étoiles. Il faut se laisser guider par leur lumière. Alors, n'ayez pas peur de faire des erreurs, de trébucher ou de tomber, parce que le plus souvent c'est lorsqu'on accomplit les choses qui nous effraient le plus que l'on est le plus fier de soi. Peut-être que la vie vous offrira tout ce dont vous rêvez, ou peut-être qu'elle vous offrira plus que vous ne l'auriez jamais imaginé. Qui sait ce que l'avenir vous réserve? **La route est longue mais au final, le vrai but, c'est le voyage lui-même.** » Personnage de Whitley Durham dans la série « Les frères Scott ».

Généralisation et proposition de projet scientifique

En reprenant les perspectives mentionnées dans les différentes thématiques de la partie 2 de cet ouvrage, nous pouvons de prime abord relever qu'elles font mention à l'amélioration de la caractérisation des différentes caractéristiques des fibres de coton, ou de ses contaminants, afin d'améliorer l'aptitude à prévoir les résultats de mesure d'autres caractéristiques dites 'composites' comme la ténacité ou le frottement inter-fibres. Cette orientation relève de la métrologie pure qui aura en plus en charge de définir les conditions optimales de mesure pour atteindre les précisions attendues.

Cette métrologie est utilisée dans des recherches explicatives ou des projets de recherches plus vastes comme des programmes d'amélioration variétale, des programmes de modélisation des comportements au champ etc. Elle peut être également utilisée pour des études plus larges sur les organisations de production en lien avec la qualité des productions et leur catégorisation et, pourquoi pas, les organisations sociales et économiques qui leur sont en lien, tout en y intégrant l'appui aux politiques publiques qui en découlent. Elle pourra également tenter d'expliquer des phénomènes encore non compris (exemple du collage).

Ainsi, en faisant l'analyse de mes activités passées et celles qui sont proposées dans les perspectives de la partie 2 de cet ouvrage, mes activités peuvent être catégorisées dans les thématiques interdépendantes suivantes pouvant correspondre à des domaines thématiques recevables par des bailleurs de fonds (Figure 123) :

- A- Étudier / créer & développer / améliorer les mesures instrumentales sur fibres incluant leurs conditions d'utilisation (instrumentation, standardisation, harmonisation).
- B- Étudier l'importance du niveau, du type et du mode de préparation des échantillons sur l'évaluation des niveaux de variabilité mesurée.
- C- Étudier les interactions entre systèmes agronomiques de production des fibres, le niveau de production, et les moyennes et variabilités des caractéristiques technologiques des fibres.
- D- Évaluer les niveaux de variabilité des résultats de caractérisation aux différents stades de la production cotonnière en fonction des systèmes agronomiques utilisés.
- E- Étudier les méthodologies de traitement des résultats instrumentaux obtenus sur échantillons commerciaux pour améliorer productivité et qualité des productions cotonnières (du champ à l'égrenage).
- F- Étudier les méthodologies de traitement des résultats instrumentaux obtenus sur échantillons commerciaux pour préparer les lots de balles de moyennes et variabilités exigées (de l'égrenage au port).
- G- Étudier les relations entre caractéristiques de fibres et celles des filés.

Ainsi, en croisant ces axes thématiques avec les caractéristiques technologiques des fibres auxquelles je me suis intéressé pendant mon activité, il est possible de compléter le Tableau 18 avec toutes les activités mentionnées dans cet ouvrage qui trouvent ainsi toute leur cohérence. On peut y voir également l'étendue des activités menées dans la filière cotonnière, depuis la sélection variétale et l'utilisation industrielle et commerciale des fibres. Avec cette information, il est également possible de voir comment se relie mes activités avec celle du projet scientifique plus vaste de l'équipe et de l'unité de recherche qui m'accueille.

Dans l'objectif de définir une programmation d'activités scientifiques - mais pas seulement - l'analyse de ce tableau permet de déduire les domaines dans lesquelles peu d'activités ont été conduites auxquelles pourront s'ajouter d'autres sujets d'intérêts. En premier exemple, si une modélisation de la qualité des étoffes devait être réalisée en fonction de celle des fibres dès leur production, le schéma original de la Figure 124 décrit les différentes étapes de la filière, les différents partenaires chez qui récupérer et répercuter de l'information pertinente, et les différents axes thématiques pouvant être abordés. En deuxième exemple, cette démarche peut être étendue à la question des assemblages (agrégation, amalgame, combinaison, composition, mélange, ...) de fibres pour atteindre une qualité donnée en fonction de modalités de production (Figure 125) pour obtenir une « qualité » et une productivité prévisibles.

Cette programmation pourrait requérir plusieurs vies professionnelles ! Dans le même temps, le travail de recherche n'est possible que si des financements sont acquis en relation avec des politiques publiques qui orientent les activités au fil des temps. De la même manière que cette Habilitation à Diriger des Recherches fut possible car des projets financés ont été obtenus en amont, la suite des activités sera conditionnée à l'obtention de projets financés dans des domaines porteurs. Il est évident que l'encadrement de doctorants relève de cette dimension quand il est nécessaire de prévoir environ 150 000 euros par thèse pour couvrir leur bourse et leurs moyens de fonctionnement. Pour l'heure, nous déposons des projets sur les axes thématiques A, C, D et E. avec nos partenaires traditionnels...

Si on m'autorisait à réaliser mon rêve, je développerais le système de mesure de plusieurs caractéristiques de fibres individuelles en simultané dont j'ai tenté un premier développement avec Robert, (Robert 1999) pour l'utiliser ensuite en parallèle avec IDEAL99, afin de prévoir leur comportement dans les tests sur faisceaux de telle manière que ceux-ci modélisent correctement les filés de divers titres et diverses torsions. L'idée est de 'composer' des étoffes moins froissables et répondant aux critères de la clientèle, évidemment en lien avec la structure microscopique des fibres de coton, avec la variabilité de leurs caractéristiques et avec leur développement et leur transformation socialement assumée. Les thématiques de l'ingénierie, du développement de procédé, de la métrologie, du changement d'échelle, de la modélisation, de l'ingénierie-reverse sont incluses en s'appuyant sur des partenaires scientifiques, dont des étudiants et des chercheurs d'autres disciplines, des partenaires techniques, financiers, et institutionnels ... en lien avec le développement des pays les moins avancés.

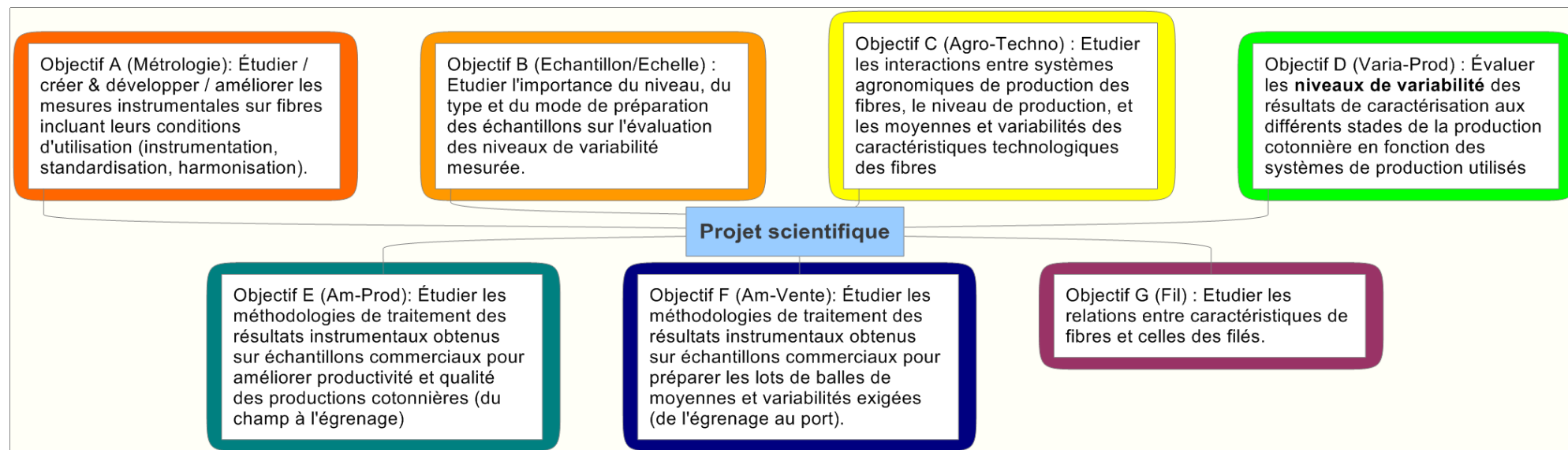


Figure 123: Objectifs du projet scientifique envisagé.

Tableau 18 : Tableau des activités scientifiques réparties par thématiques proposées et caractéristiques d'intérêt.

Caractéristique Spécificité	Descriptif	Projet(s) associé(s) (tout ou partie)	Objectif A (Métrologie) : Étudier / Développer / Améliorer les mesures instrumentales sur fibres incluant leurs conditions d'utilisation (normalisation, standardisation)	Objectif B (Echantillon/Echelle) : Étudier l'importance du niveau, du type et du mode de préparation des échantillons sur l'évaluation des niveaux de variabilité mesurée	Objectif C (Agro-Techno) : Étudier les interactions entre systèmes agronomiques de production des fibres, le niveau de production, et les moyennes et variabilités des caractéristiques technologiques des fibres.	Objectif D (Varia-Prod) : Évaluer les niveaux de variabilité des résultats de caractérisation aux différents stades de la production cotonnière en fonction des systèmes agronomiques utilisés.	Objectif E (Am-Prod) : Étudier les méthodologies de traitement des résultats instrumentaux obtenus sur échantillons commerciaux pour améliorer productivité et qualité des productions cotonnières (du champ à l'égrenage).	Objectif F (Am-Vente) : Étudier les méthodologies de traitement des résultats instrumentaux obtenus sur échantillons commerciaux pour préparer les lots de balles de moyennes et variabilités exigées (de l'égrenage au port).	Objectif G (Fil) : Étudier les relations entre caractéristiques de fibres et celles des filés.
Plusieurs (IM, UHML, ML, UI, Strength, Rd, +b)	Adaptation des conditions d'utilisations des appareils intégrés de mesure à celles de la création variétale	Programmes d'améliorations variétales IRCT puis CIRAD	Etudes de compréhension des principes de mesures et leurs limites Etudes de comparaison entre différents modèles et différentes générations d'appareils	Définition du mode opératoire (échantillon, de sa préparation, des conditions de mesures...)	RAS	Application à la création variétale IRCT et au CIRAD	RAS	RAS	Etude des relations entre caractéristiques de fibres et celles des filés en comparaison avec les instruments classiques
Contaminants	Influence des débris de coques de graines de cotonnier sur la fiabilité des fibres de coton	Programmes d'améliorations variétales IRCT puis CIRAD	Création de Trashcam/CATI Etude des limites de mesure Etude comparative à d'autres méthodes	Définition du mode opératoire (échantillon, de sa préparation, des conditions de mesures...)	RAS	Application à la création variétale au Cameroun (Thèse Bachelier)	RAS	RAS	Etude des relations avec la fiabilité des fibres (Thèse Krifa)
Contaminants	Influence du collage entomologique sur la fiabilité des fibres de coton	CFC/ICAC/11	Etude de comparaison du SCT et du H2SD pour des mesures commerciales	Définition du mode opératoire (échantillon, de sa préparation, des conditions de mesures...)	RAS	RAS	RAS	Proposition de mode opératoire (échantillon, de sa préparation, des conditions de mesures...) Etude des risques de litige associés à la classification commerciale du collage	Etude des limites de fiabilité des cotons collants en filature industrielle Etude de l'impact économique du collage
Ténacité	Etude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres sur la mesure de leur ténacité	Universal Strength Tester	Effets des caractéristiques de fibres de coton sur la mesure de leur résistance de rupture. (Thèse Gourlot) Influence of cotton sample conditioning and measurement conditions on strength readings by Uster Spectrum unit	Définition du mode opératoire (échantillon, de sa préparation, des conditions de mesures...) Etude de la variabilité intra-échantillon (amélioration variétale)	RAS	RAS	RAS	RAS	Etude des relations entre caractéristiques de fibres et celles des filés
Plusieurs (IM, UHML, ML, UI, Strength, Rd, +b)	Application à grande échelle des mesures instrumentales	CFC/ICAC/33 Démarche qualité ISO17025	Mise au point d'un mélangeur de fibres pour les échantillons des tests inter- laboratoires	RAS	RAS	RAS	Etude de la variabilité intra-balle et inter- balles des caractéristiques technologiques des fibres - liste des causes potentielles du marché à l'égrenage	Propositions de modes opératoires (échantillon, de sa préparation, des conditions de mesures...) Etude des risques de litige associés à la classification commerciale (Thèse Aboé, postdoc Lukonge)	RAS
Frottement inter- fibres	Etude du frottement inter-fibre pour le coton	Coopération spécifique LPMT-CIRAD	Création d'un appareillage de mesure (Thèses Nowrouzieh, Ahmad)	Définition du mode opératoire (échantillon, de sa préparation, des conditions de mesures...)	RAS	RAS	RAS	RAS	Etude des relations avec la fiabilité des fibres (Thèses Nowrouzieh, Ahmad)
Coton-soie	Etude des mélanges soie-coton en filature fibres courtes	DORAS	Caractérisation d'un mélange	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	Etude des mélanges soie-coton en filature fibres courtes : caractéristiques des fils et analyse sensorielle des tricots

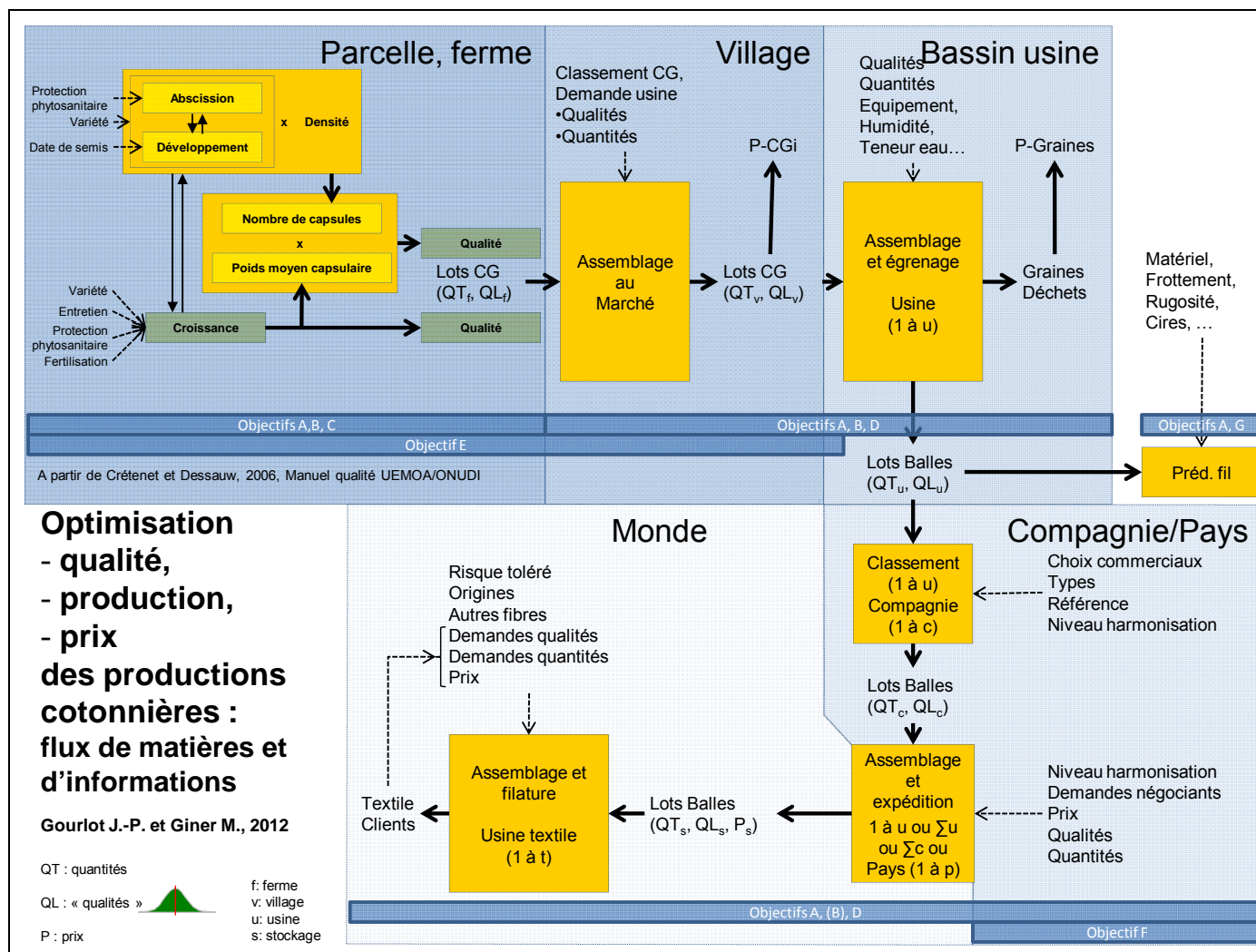
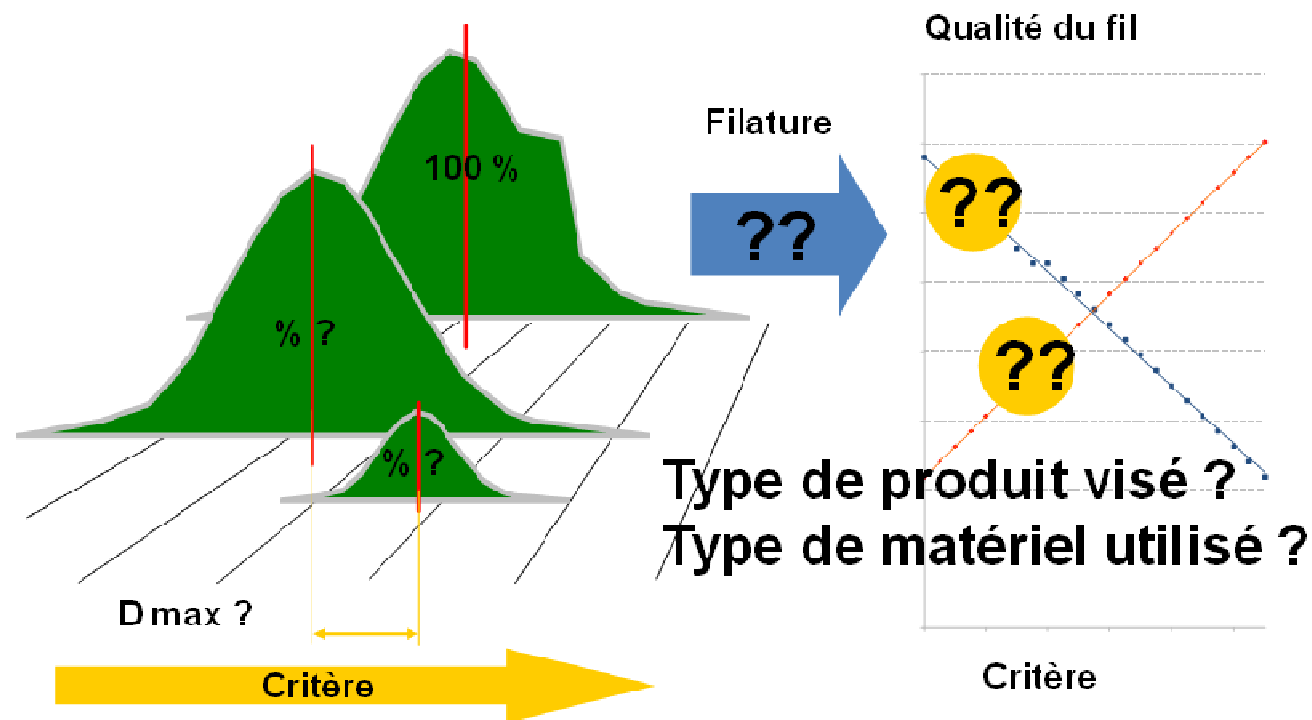


Figure 124 : Modélisation de la filière cotonnière, et rappel des objectifs du projet scientifique envisagé.

Questions à résoudre pour fixer les limites acceptables



De Gourlot J.-P. 2000

Figure 125: Représentation des questions liées aux assemblages.

Bibliographie, Listes des figures et des tableaux, Glossaire

« Au choc des idées jaillit la lumière » Nicolas Boileau

Bibliographie de la Partie 2 de cet ouvrage
--

- Abidi, N., C. Kaewprasit, et al. (1999). Effect of absorbed water on the specific surface area of some cotton standards. Beltwide Cotton Conferences. Orlando, Florida (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA): 710-712 p.
- Aboé, M. (2012). Etude de la variabilité intra-balle des caractéristiques technologiques des fibres de coton produites en Afrique de l'Ouest et du Centre. Ecole Doctorale ED494 Jean-Henri Lambert, Université de Haute-alsace. Doctorat en Sciences pour l'ingénieur, Discipline : Mécanique: 180 p.
- Aboé, M., J. P. Gourlot, et al. (2012). "New findings on within bale repeatability of measurements obtained with standardized instruments for testing cotton (SITC) in *Gossypium Hirsutum* Fiber produced in West and Central Africa." Textile Research Journal 82(14): 1469-1484 p.
- Ahmad, S. (2012). Etude du frottement inter-fibre pour le coton = Study of the inter-fiber friction for cotton fibers. Sciences pour l'ingénieur. Mulhouse (FR), Université de Haute-Alsace: 148 (133) p.
- American Society for Testing and Materials (2005). D5867 - Standard test methods for measurement of physical properties of cotton fibers by High Volume Instruments. Annual Book of ASTM Standards. A. S. f. T. a. Materials. Philadelphia, PA (USA) 7.02: 886-893 p.
- ASTM (1996). Standard test methods for measurement of physical properties of cotton fibers by High Volume Instruments. Annual Book of ASTM Standards. A. S. f. T. a. Materials. Philadelphia, PA (USA). 7.02: 886-893 p.
- Bachelier, B. (1998). Contribution à l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre de coton. Premières applications pratiques en sélection chez *Gossypium hirsutum* L. Biologie et Agronomie 98-32-C-50. Rennes (FR), Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes (ENSAR): 271 p.
- Bachelier, B. and J. Desplans (1999). Histological examination of seeds and seed-coat fragments in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Beltwide Cotton Conferences. Orlando, Florida (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA). 1: 724 p.
- Basra, A. S. (1999). Cotton fibers. Developmental biology, quality improvement, and textile processing.
- Bragg, C. K. and J.-P. Gourlot (1997). Feasibility studies for an international agreement about cotton fiber strength measurement : universal strength tester. Spring 1997 joint conference = [Conférence commune, printemps 1997], Mulhouse, ENSITM.
- Chanselme, J.-L., J.-P. Gourlot, et al. (1996a). MCI sampling device modification and precision of the results. HVI working group = [Groupe de travail HVI], Montpellier, CIRAD-CA.
- Chanselme, J.-L., J.-P. Gourlot, et al. (1996b). Improvement of HVI measurement precision. Part 2 : use of HVI for breeding programs : MCI sampling device improvement. 1996 Proceedings. Beltwide Cotton Conferences = [Comptes-rendus des Beltwide Cotton Conférences 1996], Memphis, NCCA.
- Chollakup, R. (2004). Etude des mélanges soie-coton en filature fibres courtes : caractéristiques des fils et analyse sensorielle des tricots. Sciences pour l'ingénieur 03MULH0745. Mulhouse (FR), Université de Haute-Alsace: 215 (51) p.

- Drieling, A., C. K. Bragg, et al. (1998). The effect of color on the optical mass measurement of cotton beards. Beltwide Cotton Conferences. San Diego, California (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA): 1609 p.
- Drieling, A. and J.-P. Gourlot (2012). Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton with particular consideration of Africa. Final Report of the Project CFC/ICAC/33.: 106 p.
- Drieling, A., J.-P. Gourlot, et al., Eds. (2012a). Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton. Long version. Chinese version., International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C. (USA) and International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich (SWI).
- Drieling, A., J.-P. Gourlot, et al., Eds. (2012b). Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton. Long version. English version., International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C. (USA) and International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich (SWI).
- Drieling, A., J.-P. Gourlot, et al., Eds. (2012c). Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton. Long version. French version., International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C. (USA) and International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich (SWI).
- Drieling, A., J.-P. Gourlot, et al., Eds. (2012d). Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton. Long version. Portuguese version., International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C. (USA) and International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich (SWI).
- Drieling, A., J.-P. Gourlot, et al., Eds. (2012e). Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton. Long version. Russian version., International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C. (USA) and International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich (SWI).
- Drieling, A., J.-P. Gourlot, et al., Eds. (2012f). Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton. Long version. Spanish version., International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C. (USA) and International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich (SWI).
- Drieling, A., J.-P. Gourlot, et al., Eds. (2012g). Guideline for standardized instrument testing of cotton. Short version. Washington, ICAC.
- E.Sasser, P. and C. B. Smith (1984). "High Volume Instrument test system a tool for textile manufacturing." p.
- Estur, G. (2008). Quality and marketing of cotton lint in Africa. Africa Region Working Paper Series No. 121: 82 p.
- Fonteneau-Tamime, O., R. Frydrych, et al. (2001a). "Carded spinning of sticky cotton - Part I: Stickiness effects on productivity." Textile Research Journal 71(11): 1023-1030 p.
- Fonteneau-Tamime, O., R. Frydrych, et al. (2001b). "Carded spinning of sticky cotton part I: Stickiness effects on productivity." Textile Research Journal 71(11): 1023-1030 p.
- Fonteneau-Tamime, O., J.-P. Gourlot, et al. (2001). "Carded spinning of sticky cotton - Part II: Stickiness effects on quality." Textile Research Journal 71(12): 1046-1052 p.
- Frydrych, I. and W. Zurek (1992). Prediction of mechanical properties of cotton yarn (strength and strain) vs. laboratory methods of evaluation of fibre properties. International Cotton Test Conference. Bremen: 95-109 p.

- Frydrych, R. (2002). Habilitation à diriger des recherches : Les polluants du coton : cas du collage et des débris de coque. , Université de Haute Alsace, Mulhouse, ENSITM. Habilitation à diriger des recherches 2 vol. (201, 240) p.
- Frydrych, R. and J.-P. Gourlot (1993). "Evaluation de la résistance du fil à partir des caractéristiques technologiques de la fibre obtenues sur HVI = Yarn strength evaluation based on technological fibre characteristics obtained on HVI." *Coton et Fibres Tropicales* 48(3): 201-206 p.
- Gawrysiak, G., C. Brunissen, et al. (1999). Le check test des caractéristiques technologiques de la fibre de coton du CIRAD-CA. Actes des Journées Coton du Cirad. Montpellier: 152 p.
- Gourlot, J.-P. (1990). High volume instrument (HVI) : but, principes, fonctionnement. Montpellier, CIRAD-IRCT: 24 p.
- Gourlot, J.-P. (1993). Expérimentation sur la dérive des standard ICCS (confidentiel). IRCT p.
- Gourlot, J.-P. (1994). Check test Cirad-ca. p.
- Gourlot, J.-P. (1997). Expérimentation sur la dérive des standard HVICC (confidentiel). Cirad-ca p.
- Gourlot, J.-P. (2000a). Effet de la variabilité des critères de qualité des fibres de coton sur leur aptitude à la filature et la qualité des fils produits. Actes des Journées Coton du Cirad. Montpellier: 305-319 p.
- Gourlot, J.-P. (2000b). The improvement of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness : Report on the mission in Sudan, December 5-9, 2000. Montpellier, CIRAD-CA: 5-[40] p. p.
- Gourlot, J.-P. (2001). Le collage de la plante au fil : les moyens de lutte : résumé et conclusions de cette journée. Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte : actes du séminaire, 26 juin 2000, Montpellier, France, Montpellier, CIRAD.
- Gourlot, J.-P. (2002). Effets des caractéristiques de fibres de coton sur la mesure de leur résistance de rupture : contribution à l'étude de la qualité des mesures réalisées sur un instrument intégré de mesure High Volume Instrument (HVI). Mulhouse, UHA: 249 p. p.
- Gourlot, J.-P. (2012a). Activity D.1.3. Development of a list of requirements and basic principle drawings for a simple and efficient integrated climate control system = Développement d'une liste de pré-requis et de principes de base pour une centrale intégrée de traitement d'air simple et efficace. Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012, s.l., s.n.
- Gourlot, J.-P. (2012b). Cotton homogenizer. Commercial standardization of instrument testing of cotton with particular consideration of Africa : Final report of the project CFC/ICAC/33. G. J.-P. Drieling Axel. Amsterdam, CFC: 82-83 p.
- Gourlot, J.-P. (2012c). General maintenance guide for all equipment used in cotton testing laboratories = Guide de maintenance générale pour les équipements de laboratoires. Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012, s.l., s.n.
- Gourlot, J.-P. (2012d). Some advises for insulating a new cotton testing laboratory = Quelques conseils techniques pour l'isolation d'un nouveau laboratoire d'analyse du coton. Séminaire final du projet CFC-ICAC-33, Arusha, Tanzanie, 18-19 janvier 2012, s.l., s.n.
- Gourlot, J.-P., M. Aboé, et al. (2012). Within And Between Bale Variability of Instrumental Data: Measurement And Practical Incidence On Cotton Trading For Cotton Produced In Africa. 31st Plenary meeting of the Bremen International Conference (March 21-24, 2012). B. B. Friedrich Marquardt. Bremen (GER), Faserinstitut Bremen e.V. and Bremer Baumwollbörse: 99-121 p.

- Gourlot, J.-P., A. M. Ali, et al. (2011a). "Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage (CFC/ICAC/11)." ICAC RECORDER 29(4): 51-53 p.
- Gourlot, J.-P., A. M. Ali, et al. (2011b). "Improvement of the marketability of cotton produced in the zones affected by stickiness (CFC/ICAC 11)." ICAC RECORDER 29(4): 13-15 p.
- Gourlot, J.-P., A. M. Ali, et al. (2011c). "Mejoramiento de la comerciabilidad del algodón producido en zonas afectadas por la pegajosidad (CFC/ICAC 11)." ICAC RECORDER 29(4): 92-94 p.
- Gourlot, J.-P., B. Bachelier, et al. (1999). "Recherche et développement en technologie : mesurer et améliorer la qualité des produits du cotonnier, créer de nouveaux débouchés : I. Introduction : la technologie, à la croisée du marché, de la production et de la transformation = Technology research and development: measuring and improving cotton product quality, creating new outlets. I. Introduction: technology, the interface between the market, production and processing." Agriculture et développement(22): 92-93 p.
- Gourlot, J.-P. and A. Drieling (2007). CSITC activities for assuring the reliability of cotton instrument testing in Africa. Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, USA, January 9-15, 2007, s.l., s.n.
- Gourlot, J.-P. and A. Drieling (2012). Final report about the within and between-bales variability studies conducted in Africa - *Rapport final des études de variabilité intra et inter-balles en Afrique*. G. J.-P. and A. Drieling. Montpellier, CIRAD. Annex of the Technical Paper No 60, Common Fund for Commodities: 290 p.
- Gourlot, J.-P., A. Drieling, et al. (1998). The effect of fiber surface irregularities on the optical mass measurement of cotton beards. Beltwide Cotton Conferences. San Diego, California (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA): 1598 p.
- Gourlot, J.-P. and R. Frydrych (2001a). Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness. CFC Rapport Technique No 17, version anglaise., Common Fund for Commodities.
- Gourlot, J.-P. and R. Frydrych (2001b). Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness. CFC Rapport Technique No 17, version française., Common Fund for Commodities.
- Gourlot, J.-P., R. Frydrych, et al. (1995a). Seed coat fragments counting and sizing in card web. Actes des journées coton du CIRAD-CA, Montpellier, CIRAD-CA.
- Gourlot, J.-P., R. Frydrych, et al. (1995b). Seed coat fragments, a major source of cotton yarn imperfections. Beltwide Cotton Conference, San Antonio, USA, January 4-7, 1995, s.l., s.n.
- Gourlot, J.-P., R. Frydrych, et al. (2003). Mantis, HVI and spinning : some preliminary results [Abstract]. Proceedings of the Beltwide cotton conferences : 2002-2003 full papers, cotton pest loss database, Memphis, NCCA.
- Gourlot, J.-P., G. Gawrysiak, et al. (2006). Manuel qualité pour les filières cotonnières UEMOA. 4. Classement de la fibre de coton. Manuel qualité pour les filières cotonnières UEMOA. UNIDO. Wien (AUT). 5: 51 p.
- Gourlot, J.-P., M. Giner, et al. (1997). Latest Developments and results in automatic SCF counting. Part II: Improved image acquisition and results obtained. Beltwide Cotton Conferences. New Orleans, Louisiana (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA): 1522-1524. p.
- Gourlot, J.-P., M. Giner, et al. (1995). Derniers développements de la base de données de résultats d'analyses technologiques du laboratoire de technologie cotonnière. Actes des journées coton du CIRAD-CA, Montpellier, CIRAD-CA.

- Gourlot, J.-P. and E. Héquet (1994). "Recherche cotonnière : comment utiliser les chaînes HVI (High Volume Instrument) en amélioration variétale ? = Cotton research : how are HVI used in varietal improvement ?= Investigacion algodoneira : como utilizar las cadenas HVI para mejoramiento varietal ?" *Agriculture et développement*(2): 39-43 p.
- Gourlot, J.-P., E. Héquet, et al. (1998). Latest developments and results in automatic SCF counting. Part 2. Improved image acquisition and results obtained, Memphis, NCCA.
- Gourlot, J.-P. and L. Hunter (2004). Mesure instrumentale de fibres colorées dans la laine = Instrument analysis of the coloured fibres content of South African wool. Montpellier, CIRAD: 14 p. p.
- Gourlot, J.-P., S. Lassus, et al. (2002). Are fiber strength measurements affected by cotton fiber length distribution? [Abstract]. *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences : 2002 - Full papers. Cotton pest loss database*, Memphis, NCCA.
- Gourlot, J.-P., M. Renner, et al. (2003). Confirmation of length effect on HVI cotton fiber strength measurement : [Abstract]. *Proceedings of the Beltwide cotton conferences : 2002-2003 full papers, cotton pest loss database*, Memphis, NCCA.
- Gourlot, J.-P. and O. Tamine (1995). La valorisation de la qualité sur les marchés internationaux des produits agricoles tropicaux à usage industriel : cacao, caoutchouc, coton. Présentation d'une action thématique programmée. *Actes des journées coton du CIRAD-CA*, Montpellier, CIRAD-CA.
- Gourlot, J.-P., M. Vialle, et al. (1996). Improvement of HVI measurement precision. Part 1 : use of HVI for breeding programs : MCI sampling device effect. 1996 *Proceedings. Beltwide Cotton Conferences* = [Comptes-rendus des Beltwide Cotton Conférences 1996], Memphis, NCCA.
- Gozé, E., R. Frydrych, et al. (2008). Comparison of stickiness results from different instruments, observations based on an international round-trial. In : 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany / ITMF. - s.l. : s.n., 2008: 1 diaporama (41 vues) p.
- Gozé, E., J.-P. Gourlot, et al. (2010). Measurements based on counts : variability and methods of analysis, s.l., s.n.
- Gozé, E., J.-P. Gourlot, et al. (2008). Quality criteria of measurements based on counts. In : 29th International Cotton Conference, International Committee on Cotton Testing Methods, Stickiness Working Group, April 2-5, 2008, Bremen Germany / ITMF. - s.l. : s.n., 2008: 1 diaporama (20 vues) p.
- Guérinot, S. (2000). Contribution à l'exploration de la qualité des mesures de résistance à la rupture des fibres de coton. Montpellier, Université Montpellier II Sciences et techniques du Langudoc, IUP, Génie mathématique et informatique: 41 p.
- Gutknecht, J. (1984). "Prédiction de la résistance du fil en fonction de longueur de la fibre." *Coton et Fibres Tropicales* 39(2): 25-29 p.
- Hebert, J. J., D. P. Thibodeaux, et al. (1995). "A new single tensile tester." *Textile Research Journal* 65(8): 440-444 p.
- Hertel, K. L. (1940). "A method of fibre-length analysis using the fibrograph." *Textile Research Journal* 10(12): 510-525 p.
- Hertel, K. L. (1953). Fiber strength and extensibility as measured by the Stelometer. *Cotton Research Clinic report*, National Cotton Council: 18-25 p.
- Hertel, K. L. and R. Lawson (1964). "Factors affecting fiber length-scanning measurement." *Textile Research Journal*: 866-879 p.

- ICAC (2001). Report of an expert panel on ginning methods. Washington, D.C. (USA), ICAC: 30 p.
- ICAC (2010). Cotton: World statistics. Washington DC (USA), International Cotton Advisory Committee: 295 p. p.
- Kaewprasit, C., N. Abidi, et al. (1999a). Effect of adsorbed water on the specific surface area of some standards cotton. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, Orlando, USA, January 3-7, 1999, s.l., s.n.
- Kaewprasit, C., N. Abidi, et al. (1999b). Specific surface area of some standard cotton fiber and its relation to physical properties. Beltwide Cotton Conferences. Orlando, Florida (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA): 718-720 p.
- Kaewprasit, C., E. Héquet, et al. (2000). Specific surface area of cotton measured by methylene blue absorption and relation to its fineness. New frontiers in cotton research : Proceedings of the world cotton research conference - 2, Athens, Greece, September 6-12, 1998, Washington, ICAC.
- Krifa, M. (2001). Etude des Fragments de Coque de Graines de Coton : Détection, Caractérisation, Interaction avec les Processus de Filature et Influence sur la Qualité du Fil. Sciences pour l'ingénieur, 01MULH0638. Mulhouse (FR), Université de Haute-Alsace: 266 p.
- Krifa, M., J.-P. Gourelot, et al. (2001a). "Effect of seed-coat fragments on cotton yarn strength: its dependence on fiber quality." Textile Research Journal 71(11): 981-986 p.
- Krifa, M., J.-P. Gourelot, et al. (2001b). "Effect of seed coat fragments on cotton yarn strength: Dependence on fiber quality." Textile research journal 71(11): 981-986 p.
- Krifa, M., J.-P. Gourelot, et al. (2008). "Effect of seed coat fragments on cotton yarn structure: impact of fragment size, attached fibres and position within yarn core." Journal of the Textile Institute 99(6): 551-560 p.
- Lord, E. (1948). "Neppiness and immaturity in cotton." The Empire Cotton Growing Review 25: 180-190 p.
- Lord, E. (1961). Manual of cotton spinning., The Textile Institute, Butterworths.
- Lord, E. (1992). Structure of the cotton fibre. The manual of cotton spinning. L. E: 1-177 p.
- Lord, E. and S. A. Heap (1988). The origin and assessment of cotton fibre maturity., International Institute for Cotton.
- Lukonge, E., M. Aboé, et al. (2013). "Application of a published methodology for evaluation within bale repeatability of measurements obtained with standardized instruments for testing cotton (SITC): Gossypium Hirsutum in Eastern and Southern Africa." Textile Research Journal Accepted on March 15, 2013 ; TRJ-12-0584 p.
- Nowrouzieh, S. (2007). Etude des phénomènes de cohésion et friction inter fibre : Cas du coton. Sciences pour l'ingénieur. Mulhouse (FR), Université de Haute-Alsace: 147 (103) p.
- Parry, G. (1981). Le cotonnier et ses produits. Paris (V°), G.-P. Maisonneuve et Larose Paris.
- Payet, L. and J.-P. Gourelot (2009). Activity D.1.3.: Development of a list of requirements and basic principle drawings for a simple and efficient integrated climate control system : Project CFC/ICAC/33. Montpellier, CIRAD: 18 p.
- Payet, L., J.-P. Gourelot, et al. (2010). Variability results of homogenized cottons by a new laboratory homogenizing machine. 30th International Cotton Conference, Bremen (Germany), 24-27 March 2010, s.l., s.n.
- Robert, R. (1999). Mesure de la longueur et du diamètre d'une fibre de coton. Toulouse, INP, ENSEIHT: 120 p.

- Sasser, P. E. (1981). The basics of High Volume Instruments for fiber testing. Beltwide Cotton Conferences. New Orleans, Louisiana (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA): 191-193 p.
- Sasser, P. E. (1990). How reliable are HVI systems? International Committee on Cotton Testing Methods: 1-5 p.
- Sasser, P. E. and J. F. Moore (1992). A historical perspective of high volume instrument developments in the U. S. ITMF-ICCTM. Brême: 21-25 p.
- Sasser, P. E. and C. B. Smith (1984). High Volume Instrument test system: a tool for textile manufacturing. International Committee on Cotton Testing Methods. Bremen, International Textile Manufacturers Federation 1-24 p.
- Sasser, P. E. and M. D. Watson (1998). What to expect in the new fiber quality measurements. Beltwide Cotton Conferences. San Diego, California (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA). 1: 457-459 p.
- Suh, M. W., X. L. Cui, et al. (1994). New understanding on HVI tensile data based on MANTIS single fiber test results. Beltwide Cotton Conferences. San Diego, California (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA): 1400-1403 p.
- Tamime, O. (2000). Etude de la filabilité des cotons collants et de la classification des balles selon leur potentiel de collage mesuré par le H2SD. Laboratoire de Physique et Mécaniques Textiles de l'ENSITM. Mulhouse, Haute Alsace: 233 p.
- Tamime, O. (2001a). Economic viability of a qualitative classification of cotton bales according to H2SD-measurements of stickiness. Seminar on the Measurement of Cotton Fiber Stickiness and Ways of Neutralization of its Effect. F. R. Gourlot Jean-Paul. Montpellier (FRA), CIRAD, Paris (FRA): 103-110 p.
- Tamime, O. (2001b). Spinning properties of sticky cotton and classification of bales according to their stickiness measured by the H2SD. Seminar on the Measurement of Cotton Fiber Stickiness and Ways of Neutralization of its Effect. F. R. Gourlot Jean-Paul. Montpellier (FRA), CIRAD, Paris (FRA): 7-8 p.
- Tamime, O., R. Frydrych, et al. (2001). Carded spinning of sticky cotton - Effect of stickiness on productivity and quality of spun cotton. Seminar on the Measurement of Cotton Fiber Stickiness and Ways of Neutralization of its Effect. F. R. Gourlot Jean-Paul. Montpellier (FRA), CIRAD, Paris (FRA): 58-75 p.
- Thibodeaux, D. P., J. J. Hebert, et al. (1998). "Relating Bundle Strength to Mantis Single Fiber Strength Measurements." Journal of Cotton Science 2(1): 62-67 p.
- Townsend, T. (2006). The importance of cotton in Africa. The Next Steps for Africa I. C. A. Committee. Washington, USA 6 p.
- UNCTAD (2008). UNCTAD Handbook of statistics. U. N. Publication. New York and Geneva, UNITED NATIONS Conference on trade and development: 512 p.
- Valdeyron, G. (2001). Caractérisation de la maturité des fibres de coton par analyse d'image. Lille, Ecole universitaire d'ingénieur de Lille, Gemtex, DEA 'Instrumentation et analyse avancée': 30 p.

Liste des figures

Figure 1 : Exemples de balles de coton.....	51
Figure 2: Représentation de la filière cotonnière limitée au secteur textile prépondérant.	53
Figure 3 : Critères technologiques les plus importants pour les fibres de coton (Parry 1981).	54
Figure 4 : Développement de la fibre de coton à partir de l'anthèse (Lord 1992).	54
Figure 5 : Coupe longitudinale schématique d'une fibre de coton (Lord 1992).	55
Figure 6 : Représentation de la distribution de la longueur des fibres sous la forme d'un histogramme.	56
Figure 7 : Représentation de la distribution de la longueur des fibres sous la forme d'un diagramme.	56
Figure 8 : Représentation de la distribution de la longueur des fibres sous la forme d'un fibrogramme normalisé.	56
Figure 9 : Système d'interprétation du fibrogramme ; principe des Mean Lengths.	57
Figure 10 : Courbe corrigée de la force pour les déflexions des bras de levier en fonction du déplacement des pinces de traction CMI, et informations retenues.	58
Figure 11 : Schéma du système optique d'une CMI pour la mesure de la distribution des longueurs de fibre et du système d'application de contrainte de traction de la CMI ; le peigne est en place avant le serrage des pinces de traction.	61
Figure 12 : Illustration de la préparation des échantillons de fibre pour une caractérisation sur appareil Mantis (Clichés Gourlot, 1997).	62
Figure 13 : Réalisation d'un test Mantis sur une fibre (Clichés Gourlot, 1997).	62
Figure 14 : Ecran de l'appareil avec représentation du graphe force / distance.	63
Figure 15 : Manifestations du collage dans les fibres de coton (Frydrych 2002).	64
Figure 16 : Etapes de la thermo-détection (Frydrych 2002).	64
Figure 17 : Exemples de graine abimée et de débris de coque (SCF, Bachelier and Desplans 1999; Krifa 2001).	65
Figure 18 : Résultats des prévisions de la force de rupture des filés de différents titres en fonction de la seule ténacité des fibres mesurée par CMI (30 cotons).	66
Figure 19 : Approche générale utilisée pour mes recherches.	72
Figure 20 : Trois schémas de comparaison des principes de choix de la quantité de fibres pour les tests de dynamométrie par CMI.	74
Figure 21 : Relations entre résultats de mesure CMI (HVI®) et instruments classiques.	74
Figure 22 : Exemple de résultats comparés à divers nombres de mesures par échantillon.	75
Figure 23 : Puissance statistique des précisions d'analyse sur les différents critères mesurés (étalonnage ICCS valide à l'époque) selon les modalités opératoires.	75
Figure 24 : Corrélations entre caractéristiques technologiques des fibres et des filés (à anneau-curseur) 20 tex (étalonnage ICCS valide à l'époque).	76

Figure 25 : Importance de la ténacité des fibres (g/tex) combinée avec les paramètres : uniformité des longueurs de fibres (UI%), maturité (MR, sans unité) et finesse linéique (H, mtex) sur la ténacité (cN/tex) des filés 20 tex obtenus par continu à anneau-curseur.....	76
Figure 26 : Schéma de conceptualisation de SISTER.	77
Figure 27 : Extrait de la vue des relations entre certaines tables de données de SISTER.	78
Figure 28 : Evolution des écarts entre les résultats moyens des laboratoires participants et les valeurs CIRAD dans le temps.	79
Figure 29 : Pince spécifique créée par le CIRAD pour l'étude sur les conditions de mesure des échantillons sur MCI.	80
Figure 30 : Nombres de mesures requises par échantillons pour atteindre la précision attendue des résultats (pince normale, étalonnage ICCS valide à l'époque).	80
Figure 31 : Comparaison du classement des variétés pour les différentes caractéristiques selon analyses classiques, Spinlab (ZUS) ou MCI.	81
Figure 32 : Relation entre surface spécifique déduite d'une caractérisation par adsorption de bleu de méthylène et certaines caractéristiques technologiques de fibres de coton d'échantillons de certaines matières de référence ICCS.	82
Figure 33: Relation entre surface spécifique et pourcentage d'eau adsorbée.	82
Figure 34 : Définition d'objectifs d'amélioration variétale en termes de maturité (PM%) et de finesse standard (Hs, mtex) des fibres en relation avec leur micronaire.....	83
Figure 35 : Effet de la "coupe au sabot" des échantillons commerciaux sur la longueur commerciale (mm) des fibres de coton (C : coupé ; NC : non coupé).	84
Figure 36 : Comparaison des dérives de valeurs de ténacité pour les cotons ICCS (base 100 en 1982) et HVICC (base 100 en 1989).	85
Figure 37 : Relations et coopérations pour la thématique B1.....	87
Figure 38 : Catégorisation CIRAD des 'neps' dans les filés de fibres de coton (Frydrych 2002).	88
Figure 39 : Enroulement de filés sur planchette et exemple d'outil Trashcam / CATI (Cliché Gourlot-Frydrych).	89
Figure 40 : Principe utilisé pour détecter les impuretés dans Trashcam V2-V3.	90
Figure 41 : Comparaison des comptages visuels vs visuels, Trashcam V2 vs visuels, et TrashcamV3 vs visuels (basé sur 440 images obtenues par une caméra). En haut à droite, le cadre représente la zone (en bleu) de couleur acceptable des cotons pour une analyse Trashcam / CATI sans changement de paramètres.	92
Figure 42 : Comptages Trashcam vs comptages visuels sur filés (Krifa 2001).	92
Figure 43 : Comparaison des comptages AFIS et Trashcam, avant et après cardage des échantillons (à partir des données de Krifa 2001).	93
Figure 44 : Evolution de la distribution de tailles des SCF selon Trashcam entre avant et après cardage (Krifa 2001).	94
Figure 45 : Effet du type de filature (OE vs anneau-curseur) sur la teneur en SCF vus par Trashcam dans les filés 20 tex (Bachelier 1998).	94
Figure 46 : Coupe longitudinale d'une graine mature (ee = épiderme externe ; me = mésophylle externe ; ei =épiderme interne ; cp =couche palissadique ; mi =mésophylle interne ; cf = couche frangée) (Bachelier 1998).	95
Figure 47 : Efficacité de sélection sur la teneur en SCF des variétés (Bachelier 1998).	96
Figure 48 : Illustration de la diversité des types de SCF dans les fibres (Krifa 2001).	96
Figure 49 : Exemple de rupture de filés à proximité de SCF dans les filés (Krifa 2001).	97

Figure 50 : Détection de fibres de couleur foncée dans des bourres de laine (Gourlot and Hunter 2004).	99
Figure 51 : Relations et coopérations pour la thématique B2.....	100
Figure 52 : Exemple d'abaque permettant de déduire les seuils au classement ou à l'évaluation en fonction d'un risque de litige assumé ; cas à une mesure par échantillon sur H2SD (Gourlot 2001).	102
Figure 53 : Distributions des points collants détectés par HS2D, à partir de 7680 échantillons en provenance de 8 usines de la zone cotonnière du Soudan en 2000 (Gourlot 2000b).....	103
Figure 54 : Evolution de la réputation de collage de la production soudanaise au fil du temps. Evaluation dix ans après la fin du projet CFC/ICAC/11 (Gourlot, Ali et al. 2011b).	103
Figure 55 : Choix des cotons pour le test inter-laboratoires ICCTM-ICCTM 2008 (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).	104
Figure 56 : Comparaison des nombres d'instruments espérés dans le test et de ceux présents (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).	104
Figure 57 : Résultats des comparaisons entre appareils d'un même type, test ITMF-ICCTM 2008 (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).	105
Figure 58 : Corrélations entre résultats des différents types d'appareils de mesure, test ITMF-ICCTM 2008 (Gozé, Frydrych et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2008; Gozé, Gourlot et al. 2010).	105
Figure 59 : Corrélations entre caractérisations sur fibres et indices de productivité et de qualité des filés en cycle cardé (Tamime 2000). Avec : B-CT100km: total nb. of breaks per 100 km on the flyer ; B-Efficiency: efficiency of the flyer ; CAF-TC1000BH: breakage per 1000 spindles/hour on the ring spinning frame ; C-CT100km: total nb. of breaks per 100 km of card sliver ; C- Efficiency: card efficiency (efficiency = rendement) ; EI1- Efficiency: drawing frame efficiency (1° draft) ; OE-LR240BH: number of interventions per hour for 240 open end positions ; OE- Efficiency: efficiency of the Open-end machine ; OE-Y-P240BH: number of piecings per hour for 240 pen end positions ; CAF-UT3-CV%: CV% mass variation on ring spun yarn ; CAF-UT3+50%: Nb of thick places per km of ring spun yarn	106
Figure 60 : Effet du collage sur la productivité de la filature, sur la régularimétrie et sur la dynamométrie des filés RS (Tamime 2000).	107
Figure 61 : Faisabilité économique d'un classement des balles produites pour la caractérisation du collage (Gourlot and Frydrych 2001b; Gourlot and Frydrych 2001a; Tamime 2001a).	108
Figure 62 : Relations et coopérations pour la thématique B3.....	110
Figure 63 : Outils du RST, et exemples de peignes avant et après rupture suite à un test dynamométrique (clichés Gourlot, 1997).	113
Figure 64 : Exemple de coupe d'un spécimen suite à un test dynamométrique, et correspondance avec les informations données par le fibrogramme correspondant (Cliché Gourlot, 1997).	113
Figure 65 : Organisation prévisionnelle de la création de standards universels pour CMI (Bragg and Gourlot 1997).	114
Figure 66 : L'application Ideal99 est complétée par un dispositif de simulation de casses en faisceau de fibres parallèles.	115
Figure 67 : Visualisation d'une courbe de force en fonction de l'allongement sur Mantis dont l'allure est discutable.	116
Figure 68 : Visualisation d'une courbe de la force en fonction de l'allongement sur Mantis dont l'allure est normale.	116
Figure 69 : Organisation générale des recherches conduites dans le travail de thèse (Gourlot 2002).	117
Figure 70 : Exemple de simulations sans crimp réalisées à partir de 100 fibres de 3 cotons différents.	119

Figure 71 : Exemple de simulations avec crimp ($\bar{u} = 0.4$, $\sigma^2 = 0.01$) réalisées à partir des cent mêmes fibres des 3 cotons différents.....	119
Figure 72: Répartition de la lumière dans le capteur optique (schéma original Gourlot 12/97).	120
Figure 73 : Organisation de l'expérimentation à base de récoltes de fibres par position sur trois variétés de cotonnier.	122
Figure 74 : Relevés de forces moyennes T_b de rupture Mantis (cN) et des ténacités CMI moyennes (strength, cN/tex) des échantillons regroupés en fonction de leur classe d'appartenance en maturité.	123
Figure 75 : (a) Couleur des cotons sélectionnés représentés dans le graphe de couleur de l'USDA. (b) Relations WGT en fonction des valeurs TAMT pour les 9 cotons teints. (c) Relation masse vs TAMT limitée dans une gamme restreinte d'AMT=300. (d) Effet sur les estimations de masse de fibres. Relation entre les masses estimées et les caractéristiques de couleur des cotons pour AMT=200. (e) Coefficients de corrélation entre les paramètres de couleur et les masses de fibres pour une large gamme d'AMT et pour les 9 cotons teints.	125
Figure 76 : Schéma de l'expérimentation sur les coupes de fibres.	126
Figure 77 : Vue photographique de la préparation et de la coupe au massicot des échantillons de fibres (Clichés Gourlot, 1999).....	127
Figure 78 : Illustration de l'effet de la coupe : relation entre la strength (cN/tex) et la longueur UHML (mm) des fibres.....	127
Figure 79 : Représentation de l'interaction constatée pour la Mean Length exprimée en mm.	127
Figure 80 : Représentation de l'interaction constatée pour l'Upper Half Mean Length exprimée en mm.	127
Figure 81 : Représentation de l'interaction constatée pour l'Uniformity Index exprimé en %.	127
Figure 82 : Représentation de l'interaction constatée pour la Strength exprimée en cN/tex.....	127
Figure 83 : Relations entre les lectures de ténacités lues sur les dispositifs RST et la longueur des fibres.....	128
Figure 84 : Illustration de l'erreur possible de positionnement des pinces de traction de la CMI et/ou du RST quand les fibres sont trop courtes.....	128
Figure 85 : Calcul de la masse de fibres rompues selon les deux modes de calcul : proportion (RST04) et régression polynomiale (RSTXX).	129
Figure 86 : Expérimentation complémentaire en quatre coupes de fibres.	131
Figure 87 : Représentation de l'interaction variété / état pour deux variétés sur la ML exprimée en mm.	132
Figure 88 : Relation entre Strength et UHML pour deux variétés.....	132
Figure 89 : Représentation des résultats de ténacité en fonction de la coupe et de la variété pour RST04.....	132
Figure 90 : Relation entre les résultats de ténacité en fonction de UHML pour les deux variétés.	132
Figure 91 : Relations entre les résultats de ténacités (cN/tex) mesurées sur faisceaux de fibres et la longueur UHML (mm). Avec STHV : ténacité CMI, GPT04 : ténacité avec RST04, GPTXX : ténacité avec RSTXX et T1 : ténacité au Stéломètre.	134
Figure 92 : Relations entre les résultats de forces de rupture (cN) mesurées sur Mantis et la longueur UHML (mm).....	134
Figure 93 : Relation entre les ténacités des filés OE et RS et la ténacité CMI.....	136
Figure 94 : Relations entre les forces de rupture des filés OE et RS (cN) et les forces de rupture Mantis (cN).	136

Figure 95 : Exemple de simulations sans crimp réalisées à partir de 100 fibres de 3 cotons différents.	136
Figure 96 : Exemple de simulations avec crimp ($\bar{u}= 0.4$, $\sigma^2 = 0.01$) réalisées à partir des cent mêmes fibres des 3 cotons différents.....	136
Figure 97 : Evolution des coefficients de corrélation entre les forces maximales déduites des simulations et les ténacités mesurées sur fibre et sur fil en fonction des paramètres choisis pour définir le crimp.	138
Figure 98 : Evolution des coefficients de corrélation entre les ténacités calculées à partir des simulations et les ténacités mesurées sur fibre et sur fil en fonction des paramètres choisis pour définir le crimp.	138
Figure 99 : Relations et coopérations pour la thématique B4.....	140
Figure 100 : Exemple partiel de rapport du test CSITC pour un appareil participant : mode de calcul de la note de performance (écart relatif moyen pondéré à la moyenne de tous les résultats de tous les laboratoires à ce test).	143
Figure 101 : Schéma de l'organisation et des partenaires des CTRs (Gourlot and Drieling 2007).	144
Figure 102 : Exemple de schéma de câblage électrique préconisé dans un laboratoire.....	145
Figure 103 : Schéma de principe d'un système de contrôle des conditions d'ambiance dans un laboratoire (Gourlot 2012a).....	146
Figure 104: Upper Half Mean Length (UHML, mm). Ecart-types observés entre les couches (SigmaA) en fonction de ceux observés au sein des couches (SigmaE). Toutes les usines sont représentées par un ou deux points selon leur sélection pour une ou deux saisons. Plus le point est proche de l'origine, moins la variabilité intra-balle est élevée (Aboé 2012; Aboé, Gourlot et al. 2012).....	148
Figure 105: Comparaison entre les tests composite et en grappe dans un laboratoire pour les échantillons prélevés dans les balles (Aboé, Gourlot et al. 2012).	148
Figure 106 : Corrélations simples (20 cotons/origines) entre prix et caractéristiques technologiques des fibres de coton, et résultats d'une régression pas à pas, étude France.....	151
Figure 107 : Quelques résultats de l'enquête mondiale via l'ITMF sur la qualité des fibres.	152
Figure 108 : Relations et coopérations pour la thématique B5.	154
Figure 109 : Prototype de Static Friction Tester (Nowrouzieh 2007).	155
Figure 110 : Relation entre frottement et caractéristiques de fibres (Nowrouzieh 2007).	156
Figure 111 : Appareil SFT (Ahmad 2012).....	156
Figure 112 : Modalités d'extraction des données pertinentes des signaux obtenus lors des tests SFT.	157
Figure 113 : Relations et coopérations pour la thématique B6.	158
Figure 114 : Schématisation de l'apport de BDD_SQTCOT dans la gestion du système qualité du LTC.	161
Figure 115 : Cartographie 3D des conditions d'ambiance dans une salle du LTC.	162
Figure 116 : Certificat d'obtention de l'accréditation selon ISO 17025.	162
Figure 117 : Relations et coopérations pour la thématique B7.	163
Figure 118 : Exemple de 'mélangeur artisanal' de laboratoire (2005). (a) Etirage et venturi, (b) système de récupération des fibres, (c) échantillon de 400 grammes après mélange et (d) tous ces échantillons ont été homogénéisés de cette manière.....	165
Figure 119 : Mélangeur/homogénéisateur de fibres : schéma de principe.	165
Figure 120 : Installation du mélangeur de fibres dans les CTR ; (a) avec G. Kaisi et D. Mwakangale), (b) avec Yamadou Sissoko par (c) Laura Payet.....	166

Figure 121 : Cycle de transformation de la soie thaïlandaise et photographies des déchets considérés dans cette thèse (Chollakup 2004, clichés Chollakup).....	167
Figure 122 : Relations et coopérations pour la thématique B8.	169
Figure 123: Objectifs du projet scientifique envisagé.	177
Figure 124 : Modélisation de la filière cotonnière, et rappel des objectifs du projet scientifique envisagé.	179
Figure 125: Représentation des questions liées aux assemblages.	180

Liste des tableaux


Tableau 1: CV synthétique.....	69
Tableau 2: Descriptif succinct des étapes de création et d'amélioration variétale. Nombre approximatifs d'échantillons, et type de préparation, mode de diffusion des variétés créées et re-sélectionnées (vagues de multiplication).....	71
Tableau 3: Explication de la réponse du capteur optique en fonction du micronaire pour 1 mg de fibres (extrait de Gourlot 2002).	121
Tableau 4 : Répartition des capsules par variété et par classe de maturité.	122
Tableau 5 : Relevé des moyennes par variété et par niveau du facteur coupe pour les résultats CMI.	126
Tableau 6 : Relevé des moyennes par variété et par niveau du facteur coupe pour les résultats CMI.	130
Tableau 7 : Liste des principales relations explicatives de la force de rupture du fil RS 25 tex à partir des critères de fibres.	135
Tableau 8 : Liste des principales relations explicatives de la force de rupture du fil OE 27 tex à partir des critères de fibres.	135
Tableau 9 : Nombre de fibres dans les populations d'origine (17 cotons).....	136
Tableau 10 : Corrélations entre ténacités calculées par simulations et les résultats obtenus par appareil (17 cotons). Avec T1 : ténacité au Stéломètre, GPT04 : ténacité au RST04, GPTXX : tancité au RSTXX, et ténacités des filés RS et OE.....	137
Tableau 11 : Tolérances utilisées pour les calculs.....	149
Tableau 12 : Comparaison des procédures de tests des cotons égrenés à la scie: nombre de mesures par balles (pour une ligne de données) aux Etats-Unis d'Amérique et dans notre proposition pour l'Afrique. La proposition pour l'Afrique assure le respect d'un risque de litige inférieur à 10 % que les résultats obtenus sont en dehors des tolérances reconnues.	149
Tableau 13 : Informations générales sur les activités au 15/01/2013.	171
Tableau 14 : Recherches de financements et projets financés au 15/01/2013.	171
Tableau 15 : Logiciels et appareillages créés.....	172
Tableau 16 : Encadrements au 15/01/2013.	172
Tableau 17 : Liste de publications (titre, revue, éditeur, année, pages) au 15/01/2013.....	173
Tableau 18 : Tableau des activités scientifiques réparties par thématiques proposées et caractéristiques d'intérêt.	178



Partie 4 : Diaporama de la soutenance

(A intégrer après la soutenance pour produire un document unique)

Glossaire

- ¹ CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France.
- ² PERSYST : département PERformance de SYSTèmes de production.
- ³ LTC : Laboratoire de Technologie et de Caractérisation des fibres naturelles à partir de 2008, ou Laboratoire de Technologie Cotonnière de 1992 à 2008, division de Technologie de CIRAD-IRCT avant.
- ⁴ CFC : *Common Fund for Commodities*, Amsterdam, Pays-Bas.
- ⁵ ICAC : *International Cotton Advisory Committee* ou Comité Consultatif International du Coton, Washington, Etats-Unis d'Amérique.
- ⁶ CIRAD-CA, CIRAD, Département des Cultures Annuelles, Montpellier, France.
- ⁷ USDA-ARS : *United States Department of Agriculture, Agricultural Research Services*, Clemson, Etats-Unis d'Amérique.
- ⁸ CIRAD-IRCT : CIRAD, Institut de Recherche sur le Coton et les Textiles exotiques.
- ⁹ UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine.
- ¹⁰ ITMF-ICCTM : *International Textile Manufacturers Federation – International Committee on Cotton Testing Methods*.
- ¹¹ ICCS : *International Calibration Cotton Standards* : cotons de référence pour l'étalonnage des appareils 'classiques' de mesure des caractéristiques technologiques des fibres de coton, tels que Fibrographe, Stéломètre.
- ¹² CSITC : *Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton*. Ce sigle est utilisé pour dénommer à la fois le groupe de travail de l'ICAC, le projet CFC/ICAC/33 et le test trimestriel inter-laboratoires parrainé par l'ICAC.
- ¹³ CATI : *Counting Apparatus of Trash and Impurities*, outils d'analyse d'image développés au CIRAD et utilisés principalement dans le dénombrement des débris de coque de grains de coton.
- ¹⁴ IDEAL99 : Outil que j'ai développé au Cirad pour simuler des casses en faisceaux de fibres parallèles à partir de relevés de casses de fibres individuelles.
- ¹⁵ SISTER : Système d'information pour le stockage, le traitement et l'évaluation des résultats de laboratoires de caractérisation physico-chimique.
- ¹⁶ CMI : Chaîne de Mesure Instrumentale. Il s'agit d'un appareillage regroupant des dispositifs de mesure de plusieurs caractéristiques technologiques des fibres de coton. Ce terme français remplace l'acronyme HVI® utilisé jusqu'alors.
- ¹⁷ COFRAC : COmité FRançais d'ACcréditation
- ¹⁸ FMT : *Fineness Maturity Tester* : appareil de différentes générations qui caractérise le micronaire, la maturité et la finesse des fibres de coton par le principe de double compression.
- ¹⁹ ML : *Mean Length* (mm ou pouce)
- ²⁰ UHML : *Upper Half Mean Length* (mm ou pouce)
- ²¹ UI : *Uniformity Index* (%) est le rapport de la ML sur l'UHML multiplié par 100.
- ²² U-HVICC : *Universal - High Volume Calibration Cotton Standard* : cotons de référence (universels à partir de 1998) pour l'étalonnage des chaînes de mesure instrumentales des caractéristiques technologiques des fibres de coton.
- ²³ Rd : réflectance (%).
- ²⁴ +b : degré de jaune (sans unité)
- ²⁵ MANTIS : appareil de mesure de fibres individuelles de coton.
- ²⁶ Tb : force maximale de rupture de la fibre relevée au Mantis (gramme, sous-entendu gramme-force ou cN).
- ²⁷ Dep : l'allongement de la fibre relevé au Mantis (en nombre de pas moteur de 0.00248 mm).
- ²⁸ SCT : *Stickiness Cotton Thermo-detector*, appareillage de caractérisation du collage entomologique des fibres de coton, créé par Frydrych au Cirad.
- ²⁹ H2SD : *High Speed Stickiness Detector*, appareillage rapide de caractérisation du collage entomologique des fibres de coton, créé par Frydrych au Cirad.
- ³⁰ SCF : *Seed-coat fragment* ou débris de coque de graine de coton.
- ³¹ RS : Continu à filer à anneaux-curseurs (Ring spinning).
- ³² OE : Continu à filer à rotor (open End).
- ³³ SITC : *Standardized Instrument for Testing Cottons*, équivalent du français CMI "Chaîne de Mesure Instrumentale »
- ³⁴ MCI : *Motion Control Incorporated* (société fermée), ex-fabricant de CMI au Texas, Etats-Unis d'Amérique.
- ³⁵ RST : *Reference Strength Tester* : ce sigle décrit le groupe de travail autant que l'appareillage et les versions logicielles spécifiques qui lui permettent de fonctionner.
- ³⁶ IM : indice micronaire.
- ³⁷ T1 : Valeur de ténacité telle que mesurée au Stéломètre (cN/tex ou g/tex).
- ³⁸ St : *Strength* : ténacité telle que mesurée par CMI (cN/tex ou g/tex).
- ³⁹ EL : Allongement des fibres tel que mesuré sur CMI (%)
- ⁴⁰ E1 : Allongement des fibres enregistré lors de tests au Stéломètre (%)
- ⁴¹ CTR ou RTC : Centre Technique Régional créé dans le cadre du Projet CFC/ICAC/33 'CSITC'.
- ⁴² SFT : *Static Friction Tester* : instrumentation de caractérisation du frottement inter-fibres.

 **cirad**
PERSYST UR 102, LTC, Montpellier


 

Fibres de coton : Caractérisations, harmonisation des caractérisations, et transformation

Jean-Paul GOURLOT
Pour obtenir le diplôme
d'Habilitation à Diriger des Recherches
Université de Haute Alsace
Mulhouse, 4 juin 2013

 **cirad**
PERSYST UR 102, LTC, Montpellier


Sommaire

- Parcours professionnel
- Le coton : sa production
- Le coton : caractérisation des fibres
- Travaux de recherche et résultats
- Conclusions
- Projet scientifique et perspectives

3

Parcours professionnel

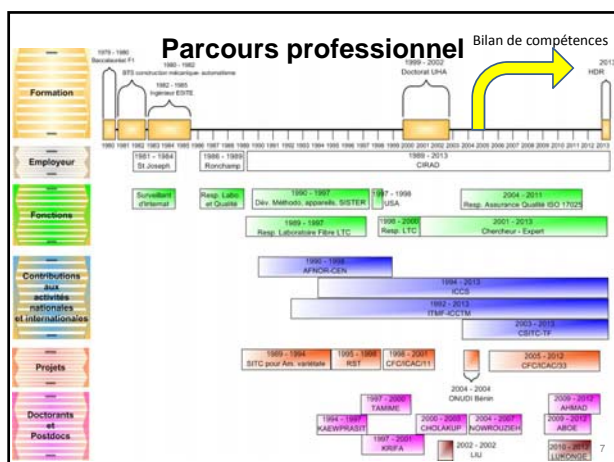


Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
Centre de Montpellier

Département PerSyst
UR 102 « Systèmes de Culture Annuels »
Equipe 3 « Elaboration de la qualité »
Laboratoire de technologie et caractérisation des fibres naturelles (LTC)

EPIC
Agronomie tropicale
Recherche et appui au développement
Appui aux politiques publiques

4



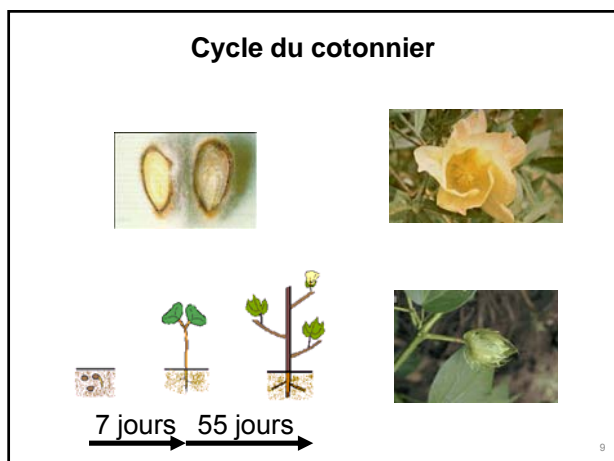
Sommaire

PERSYST UR 102, LTC, Montpellier

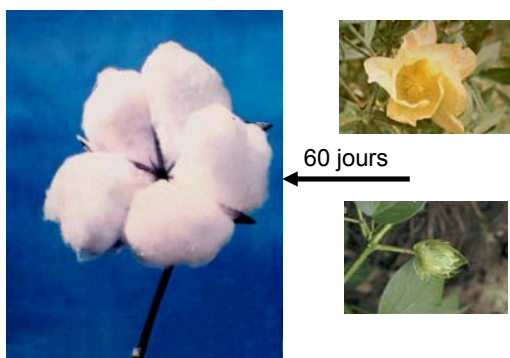
Logos: CIRAD, LPM, UHA

- Parcours professionnel
- Le coton : sa production
- Le coton : caractérisation des fibres
- Travaux de recherche et résultats
- Conclusions
- Projet scientifique et perspectives

8

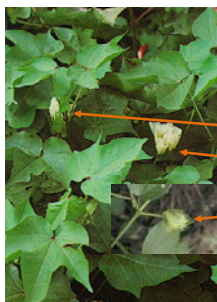


Cycle du cotonnier



10

Croissance indéterminée du cotonnier



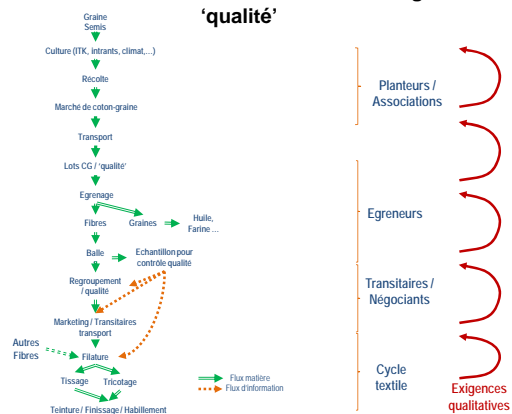
Durant la phase fructifère coexistent simultanément sur un même plant

- des boutons floraux,
- des fleurs,
- et des capsules en maturation voire ouvertes.

A la récolte, les fibres produites ont donc des caractéristiques technologiques variables d'une capsule à l'autre du fait que le capsules ne mûrissent pas simultanément sur le plant.

11

Filière cotonnière et acteurs : exigences 'qualité'



14

Sommaire

PERSYST UR 102, LTC, Montpellier

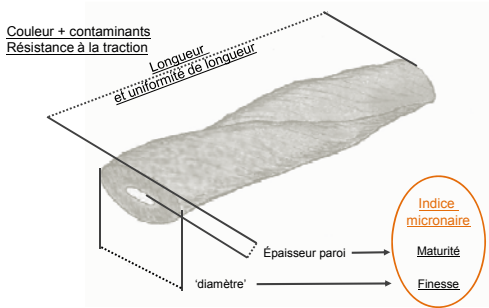




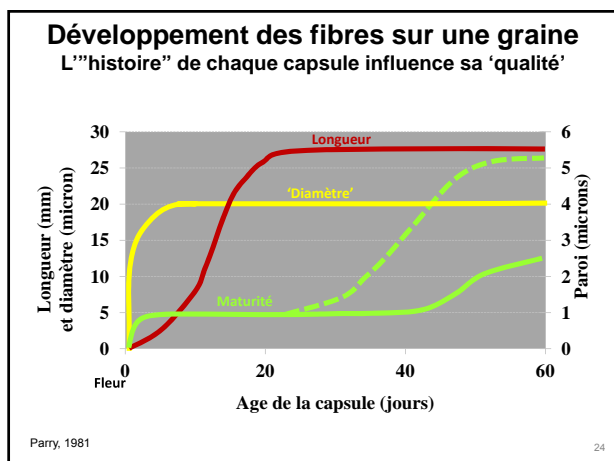
- Parcours professionnel
- Le coton : sa production
- Le coton : caractérisation des fibres
- Travaux de recherche et résultats
- Conclusions
- Projet scientifique et perspectives

16

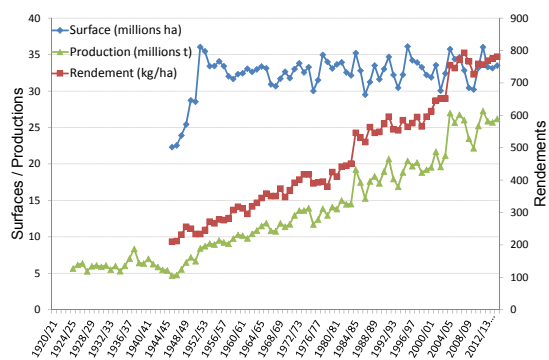
Caractéristiques mesurées



18



Statistique et économie



29



PERSYST UR 102, LTC, Montpellier

Sommaire



- Parcours professionnel
- Le coton : sa production
- Le coton : caractérisation des fibres
- Travaux de recherche et résultats
- Conclusions
- Projet scientifique et perspectives

30

Généralités : Thématiques abordées

- B1 : Adaptation des conditions d'utilisation d'appareils de mesure intégrés (CMI) dans les conditions d'un programme d'amélioration variétale
- B2 et B3 : Etude de l'influence de certains contaminants (débris de coque, collage entomologique) sur la fiabilité des fibres
- B4 : Etude de l'influence des caractéristiques technologiques de fibres de coton sur la mesure de leur ténacité
- B5 : Application de l'utilisation d'appareils de mesure intégrés à l'échelle de la commercialisation des fibres
- B6 : Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la fiabilité des fibres
- B7 : Démarche qualité selon référentiel ISO 17025
- B8 : Etude des mélanges de fibres de natures différentes

31

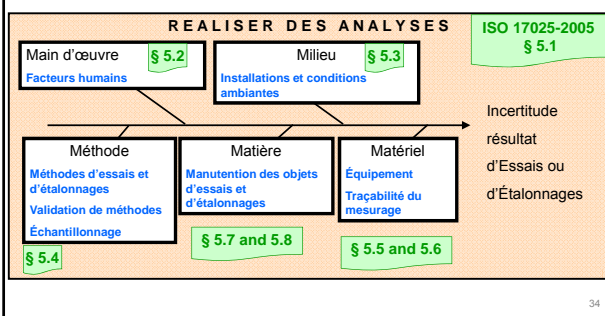
B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale

- Principes des CMI utilisables en amélioration variétale (B.1.1)
- Résultats CMI comparables à ceux des appareils classiques (B.1.2)
 - Prise en compte de l'histoire des échantillons pour définir le(s) mode(s) opératoire(s) (B.1.3)
- Résultats CMI prédictifs des caractéristiques des filés (B.1.4)
 - SISTER, toutes les informations et leurs conditions d'analyse regroupées (B.1.5).
- Harmonisation des lectures par la participation à des tests inter-laboratoires (B.1.6)
 - Extension des conclusion à Motion Control Inc® 3500 (MCI) (B.1.7)
 - Efficacité de l'amélioration variétale avec CMI (B.1.8)
 - Mesure de maturité-finesse, indicateur de la forme des fibres (B.1.9)
 - Mode de prélèvement des échantillons et caractérisation (B.1.10)
- Dérive des valeurs de caractéristiques technologiques (B.1.11)

32

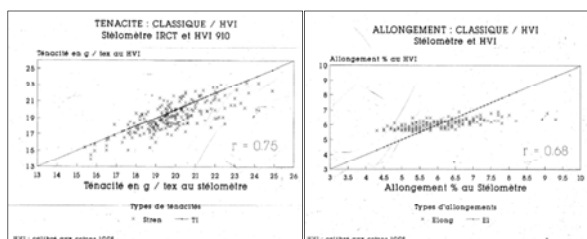
B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale

'Qualité' Résultat = f (Main d'œuvre, Milieu, Méthode, Matière, Matériel)



34

B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale

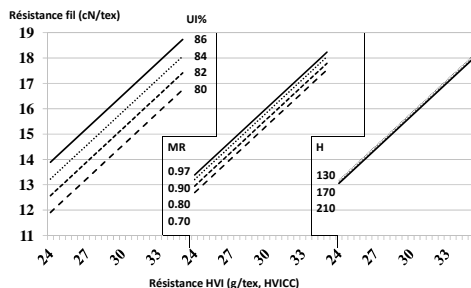


Cette référence renvoie au chapitre de l'ouvrage soumis à appréciation des Rapporteurs

B.1.2.

36

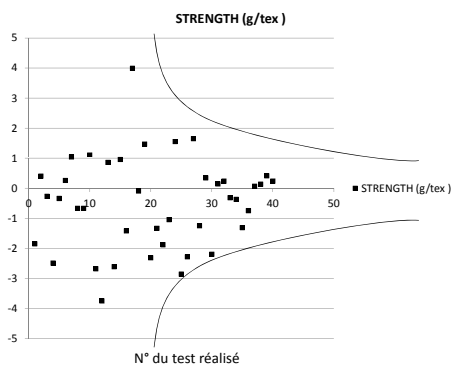
B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale

Effet des paramètres de fibres
sur la résistance du fil RS 20tex

B.1.4.

37

B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale



B.1.6.

40

B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale

Dérive des valeurs de caractéristiques technologiques en fonction de la génération d'étalons

- 'Jeu' de coton d'étalonnage = 2 cotons (mini)
- Ces cotons peuvent être analysés comme échantillons

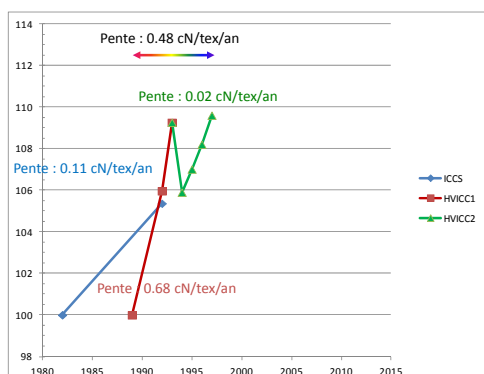
Etalonnage	Echantillons	Année/génération
Jeu 1	Jeu 1, 2, 3, ..., 9	1
Jeu 2	Jeu 1, 2, 3, ..., 9	2
Jeu 3	Jeu 1, 2, 3, ..., 9	3
...
Jeu 9	Jeu 1, 2, 3, ..., 9	9

=> Vérification de l'effet de l'étalonnage

B.1.11.

43

B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale



B.1.11.

44

B1: Utilisation des CMI pour l'amélioration variétale

- Résultats
 - CMI utilisées efficacement en amélioration variétale
 - 1 millions d'ha plantés chaque année
 - Dérive des résultats finalement contrôlée
 - Expertise reconnue
 - ⇒ Articulation effective entre science, expertise, société
- Partenariats et leur nature
 - Coencadrants, étudiants et généticiens : science
 - Sociétés cotonnières : expertises et variétés
 - Personnels LTC : science, développements et caractérisations

46

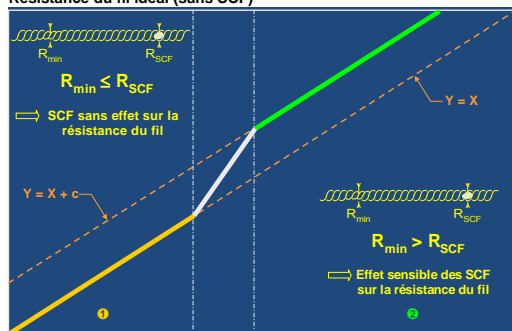
B2: Etude de l'influence des débris de coque sur la filabilité des fibres

- Création et validation de Trashcam/CATI pour sélection variétale F5 (B.2.1)
- Validation de Trashcam/CATI et comparaison avec d'autres techniques de mesure (B.2.2)
- Validation de Trashcam/CATI en sélection variétale (B.2.3)
- Prévion du comportement en filature des fibres de coton portant des SCF (B.2.4)

47

B2: Etude de l'influence des débris de coque sur la filabilité des fibres

Résistance du fil idéal (sans SCF)



Résistance du fil réel (en présence de SCF)

Cadre de la thèse de Krifa soutenue en 2001

52

B.2.4.

B2: Etude de l'influence des débris de coque sur la filabilité des fibres

- Résultats
 - Création d'un outil de caractérisation
 - Sélection variétale efficace
 - Compréhension des phénomènes en filature
 - Expertise reconnue
- Partenariats et leur nature
 - Coencadrants, doctorant et étudiants : science et développements
 - Généticiens : science
 - Sociétés cotonnières : expertises et variétés

Cadre de la thèse de Krifa soutenue en 2001

53

B3: Etude de l'influence du collage entomologique sur la filabilité des fibres

➤ Comparaison SCT et H2SD pour mesures commerciales, et étude des risques de litige associés à la classification des balles (B.3.1)

• Harmonisation des mesures de collage (B.3.2)

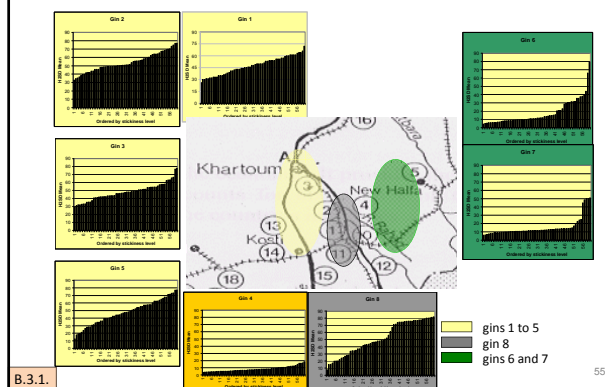
➤ Etude des limites de filabilité des cotons collants en filature industrielle (B.3.3)

➤ Etude de l'impact économique du collage (B.3.4)

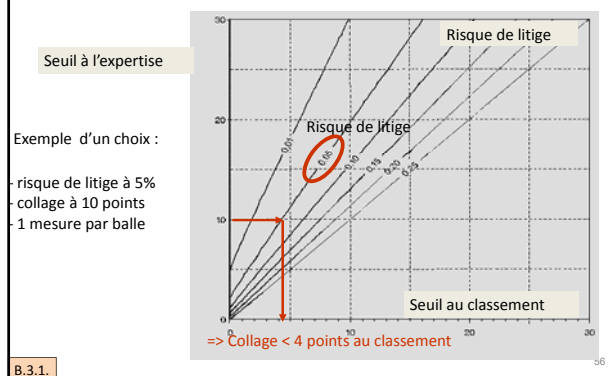
• Solutions pour réduire les conséquences du collage (B.3.5)

54

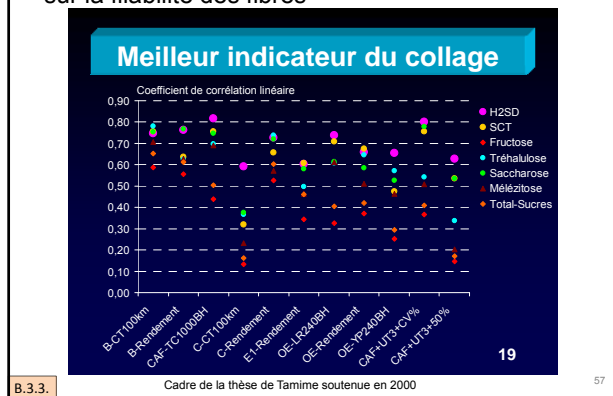
B3: Etude de l'influence du collage entomologique sur la filabilité des fibres



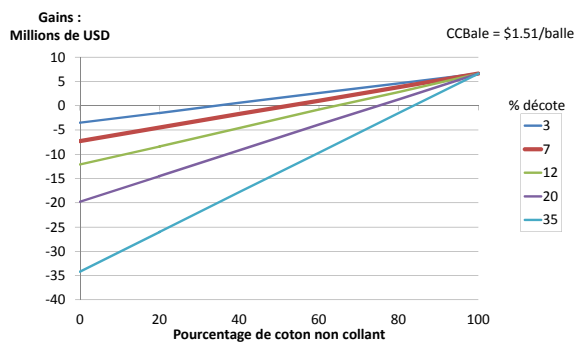
B3: Etude de l'influence du collage entomologique sur la filabilité des fibres



B3: Etude de l'influence du collage entomologique sur la filabilité des fibres



B3: Etude de l'influence du collage entomologique sur la filabilité des fibres

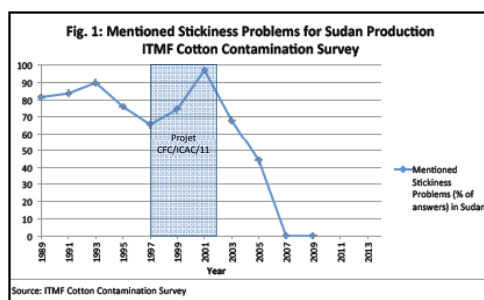


B.3.4.

Cadre de la thèse de Tamime soutenue en 2000

59

B3: Etude de l'influence du collage entomologique sur la filabilité des fibres



B.3.1.

60

B3: Etude de l'influence du collage entomologique sur la filabilité des fibres

• Résultats

- Utilisation de H2SD pour catégoriser les balles
- Limitation du collage dans un pays sur 10 ans
- Impact du collage sur la filature évalué
- Expertise reconnue

• Partenariats et leur nature

- Richard Frydrych : science et développements
- Personnels LTC : science et développements
- Coencadrants, doctorant et étudiants : science
- Bailleurs : CFC et ICAC
- Société cotonnière SCC : expertise
- Instituts partenaires ARC, UHA-LPMT, IFTH : science

Cadre de la thèse de Tamime soutenue en 2000

61

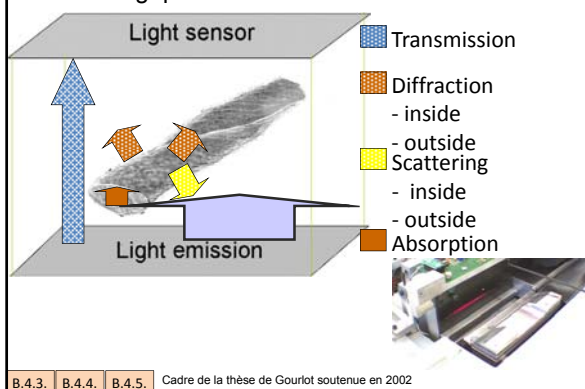
B4: Effet des autres caractéristiques technologiques sur la mesure de la ténacité

- La forme des fibres (ici représentée par le micronaire) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.3)
- La forme des fibres (ici représentée par les distributions MR et H des fibres) n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.4)
- La couleur des fibres n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.5)
- La distribution des longueurs de fibres dans les échantillons n'affecte pas l'estimation de masse des fibres rompues pour le calcul de la ténacité (B.4.6)
- Relations générales et vérifications des résultats observés (B.4.7)

Cadre de la thèse de Gourlot soutenue en 2002

62

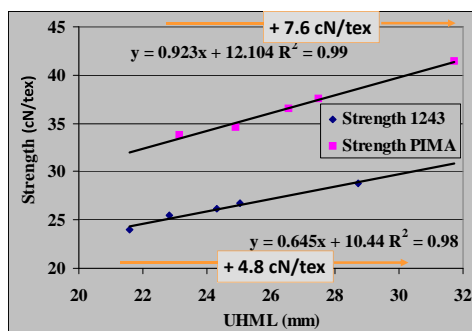
B4: Effet des autres caractéristiques technologiques sur la mesure de la ténacité



B.4.3. B.4.4. B.4.5. Cadre de la thèse de Gourlot soutenue en 2002

64

B4: Effet des autres caractéristiques technologiques sur la mesure de la ténacité

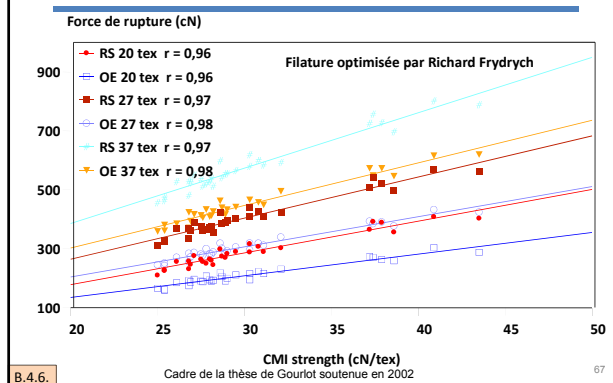


B.4.6.

Cadre de la thèse de Gourlot soutenue en 2002

66

B4: Effet des autres caractéristiques technologiques sur la mesure de la ténacité



B4: Effet des autres caractéristiques technologiques sur la mesure de la ténacité

- Résultats
 - Des interactions (non attendues) démontrées
 - Compréhension des mécanismes pour créer RST
- Partenariats et leur nature
 - USDA, FIBRE, CSIR, Cotton Inc. : science
 - Coencadrants, étudiants et personnels LTC : développement et analyses

Cadre de la thèse de Gourlot soutenue en 2002

68

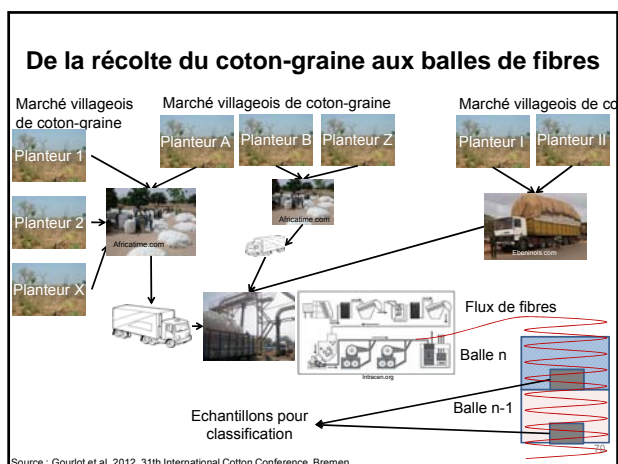
B5: Application de l'utilisation des CMI à l'échelle de la commercialisation des fibres

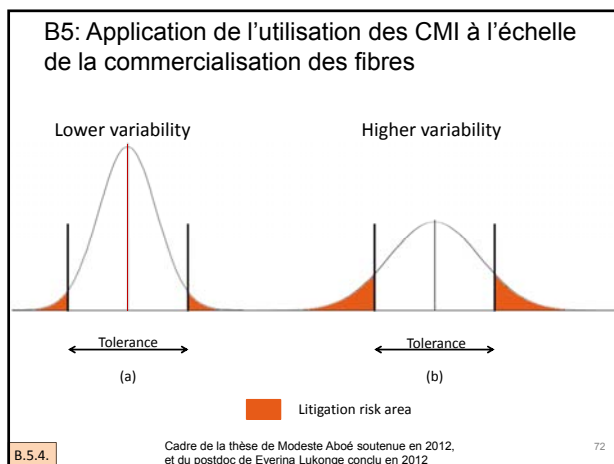
Projet CFC/ICAC/33 'CSITC'

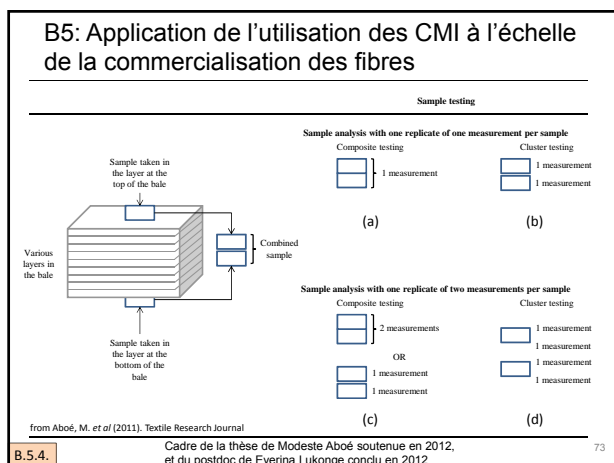
Commercial Standardized Instrument Testing of Cotton :

- Composante A : Adoption mondiale des recommandations du CSITC TF (B.5.1)
- Composante B : Évaluation des laboratoires d'analyse du coton par des tests inter-laboratoires (B.5.2)
- Composante C : Soutien aux pays producteurs de coton d'Afrique par création de Centres Techniques Régionaux (B.5.3)
- Composante D : Assistance technique pour améliorer la fiabilité des mesures instrumentales, pour réaliser les études de variabilité du coton pour les régions Africaines (B.5.4 et B.5.5)
- Composante E : Évaluation et diffusion des résultats (B.5.6)
- La relation qualité-prix d'un autre projet (B.5.7)

69







B5: Application de l'utilisation des CMI à l'échelle de la commercialisation des fibres

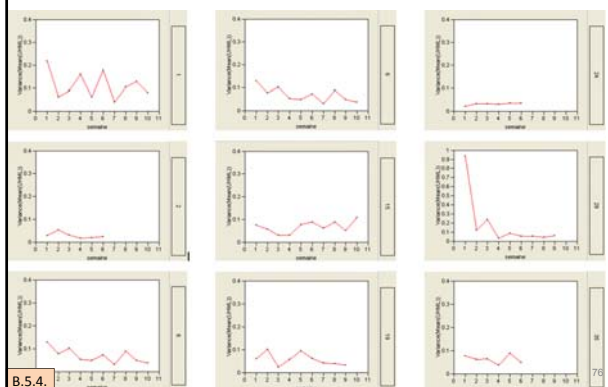
Characteristic	Nb of samples per bale	Type of sampling	Nb of replicates	Nb of measurements per sample	Total Nb of measurements per bale
USA					
Micronaire	2	Composite	1	1	1
UHML	2	Cluster	1	1	2
UI	2	Cluster	1	1	2
STR	2	Cluster	1	1	2
Rd	2	Cluster	1	2	4
+b	2	Cluster	1	2	4
Proposition for Africa					
Micronaire	2	Composite	1	1	1
UHML	2	Cluster	1	2	4
UI	2	Cluster	1	2	4
STR	2	Cluster	1	2	4
Rd	2	Composite	1	2	2
+b	2	Composite	1	2	2
For saw ginned cottons					

B.5.4.

*: From Aboé et al, 2012

74

B5: Application de l'utilisation des CMI à l'échelle de la commercialisation des fibres



B.5.4.

B5: Application de l'utilisation des CMI à l'échelle de la commercialisation des fibres

• Résultats

- Etude originale débouchant sur une expertise
- Projet intégré recherche et développement
- Projet initié, géré et mené à terme
- Grand nombre de publications écrites

• Partenariats et leur nature

- FIBRE : montage, gestion, développement et science
- UHA-LPMT : science
- Coencadrants, étudiant, doctorant, postdoc : science
- Bailleurs : CFC, UE et ICAC
- Centre Technique Régionaux : expertise et formation
- Compagnies cotonnières : expertise

Cadre de la thèse de Modeste Aboé soutenue en 2012,
et du postdoc de Everina Lukonge conclu en 2012

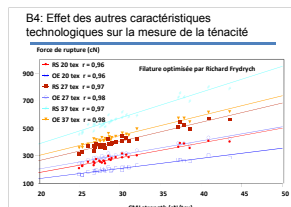
77

B6: Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres

- Filature optimisée : bonne relation entre ténacité fibre et celle des filés; sinon r descend à 0.5-0.6
- Cotons de caractéristiques comparables : comportements en filature différents
- Certains cotons 'passaient' mal à l'étréage (paquets)

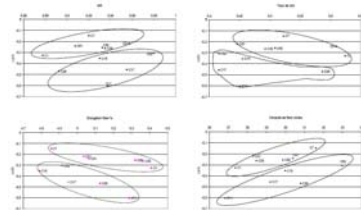
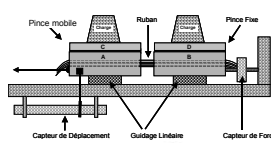
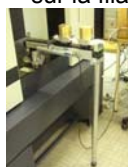
- Amélioration variétale ?
- Rôle des cires ?

- Premières observations : cires n'expliquent pas tout
 - Rôle du frottement inter-fibres ?
- => recherche de dispositif de mesure du frottement et début de thèses



78

B6: Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres



B.6. Figure 4-16. Log(K) VS. MR, taux de cire, elongation et ténacité des fibres
Cadre de la thèse de Nowrouzieh en 2007

79

B6: Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres

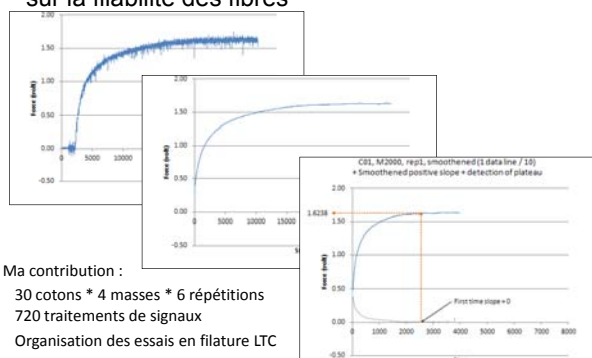


B.6.

Cadre de la thèse de Ahmad en 2012

80

B6: Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres



Ma contribution :

30 cotons * 4 masses * 6 répétitions
720 traitements de signaux

Organisation des essais en filature LTC

B.6.

Cadre de la thèse de Ahmad en 2012

81

B6: Etude de l'influence du frottement inter-fibres sur la filabilité des fibres

• Résultats

- Création et validation de dispositifs
- Résultats contradictoires sur l'effet du frottement entre les 2 thèses => à confirmer

• Partenariats et leur nature

- Richard Frydrych : initiateur du projet
- UHA-LPMT : science, encadrement et gestion
- Coencadrants, doctorants : science
- Personnels LTC pour la filature

Cadre de la thèse de Nowrouzieh en 2007 et de Ahmad en 2012

82



PERSYST UR 102, LTC, Montpellier

Sommaire



- Parcours professionnel
- Le coton : sa production
- Le coton : caractérisation des fibres
- Travaux de recherche et résultats
- Conclusions
- Projet scientifique et perspectives

93

Conclusion : mots clés des travaux

Adaptation utilisation appareils /
amélioration variétale (B.1)

Influence débris de coque, collage
entomologique / filabilité (B.2 et B.3)

Influence caractéristiques / ténacité (B.4)

Utilisation appareils / commercialisation (B.5)

Frottement /filabilité (B.6)

Démarche qualité (B.7)

Mélanges de fibres (B.8).

94

Conclusion : mots clés des travaux

Adaptation utilisation appareils /
amélioration variétale (B.1)

Influence débris de coque, collage
entomologique / filabilité (B.2 et B.3)

Influence caractéristiques / ténacité (B.4)

Utilisation appareils / commercialisation (B.5)

Frottement /filabilité (B.6)

Démarche qualité (B.7)

Mélanges de fibres (B.8).

Fibres

Caractérisation

Harmonisation

Transformation

95

Conclusion : Science et Actions au Sud

Thème	Cadre	Situations (avant, après), actions et applications
B1 CMI	Amélioration variétale	Avant: Echantillons → Caractérisation → Choix variétal
B4 SNRA		
Ténacité	Afrique de l'Ouest et du Centre (v. 50 pays)	Amélioration caractérisation, élévation CMI, harmonisation
B7	Amérique Latine (Brésil, Paraguay, Bolivie)	Après: Echantillons → Caractérisation → Choix variétal
Qualité	Asie (Thaïlande, Laos)	
B8		
Mélange		
B2	Amélioration variétale	Avant: Echantillons → Caractérisation
SCF	SNRA	Création outil de caractérisation
	Cameroon	Après: Echantillons → Caractérisation → Choix variétal
	Extensible à tous les autres pays	Compréhension mécanismes
B3	Commercialisation	Avant: Echantillons → Caractérisation → Perte financière
Collage	Sociétés cotonnières	Etude conditions de classification
	Soudan (CFC/ICAC/15)	Etude risque de litige
B5	Extensible aux autres pays réputés "collants"	Après: Echantillons → Caractérisation → Perte financière
CSITC	Afrique + Monde (CFC/ICAC/33)	

96

Conclusion : Science et Actions au Sud (suite)

Thème	Cadre	Situations (avant, après), actions et applications	
B6 Frottement	Amélioration variétale? SNRA	Avant: Echantillons → Caractérisation → Choix variétal	Amélioration caractérisation Utilisation SFT
		Après?: Echantillons → Caractérisation? → Choix variétal?	
B8 Mélange	Transformation Autres fibres Thaïlande Extensible à d'autres mélanges « fibres courtes »	Avant: Echantillons → Caractérisation Après: Echantillons → Caractérisation → Choix variétal Compréhension mécanismes Harmonisation	Création outil de caractérisation

97

Conclusion : Quelques indicateurs

Chapitre	Typologie	Nombre de Références
9.1	Articles dans des revues internationales avec comité de lecture	7
9.2	Articles dans des revues nationales avec comité de lecture	11
9.3	Livres ou chapitres de livres	29
9.4	Brevets	0
9.5	Articles dans des conférences internationales avec comité de lecture	59
9.6	Articles dans des conférences nationales avec comité de lecture	0
9.7	Conférences invitées dans des congrès nationaux ou internationaux	5
9.8a	Communications orales dans des conférences internationales et nationales	53
9.8b	Communications orales dans des conférences internationales et nationales ¹⁾	18
9.9	Posters	6
9.10	Rapports de recherche, papiers soumis etc.	15
9.11	Thèse	1
Total général		204

98

Conclusion : Quelques indicateurs

Nombre d'années dans le milieu de la recherche	23
Nombre de missions internationales	environ 400 missions internationales, dont 70% liées à des activités de recherche, et 30% à des activités d'expertise
Nombre approximatif d'heures d'enseignement (équivalent TD) :	1300 heures
Nombre approximatif d'années liées à des activités d'administration/animation :	13
Nombre de séminaires organisés ou co-organisés :	4
Nombre approximatif de relectures effectives pour des journaux scientifiques / nombre de demandes reçues :	43 réalisées / 77 proposées (au 20/04/2013)

99

Conclusion : Quelques indicateurs

Sujet, Niveau	Nombre
Mise sous démarche qualité du LTC	16
Bac +2	9
Bac +3	1
Bac +4	5
Bac +5	
Recherche en technologie des fibres et des filés	35
Bac +2	4
Bac +4	8
Bac +5	15
Bac +8	8
Bac +9	2
Total général	53

100



PERSYST UR 102, LTC, Montpellier

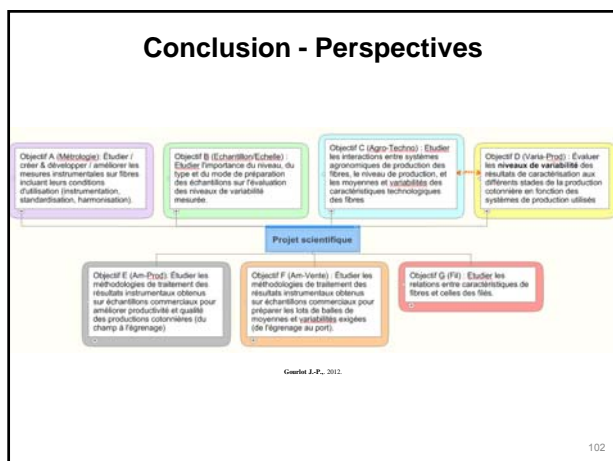
Sommaire



- Parcours professionnel
- Le coton : sa production
- Le coton : caractérisation des fibres
- Travaux de recherche et résultats
- Conclusions
- Projet scientifique et perspectives

101

Conclusion - Perspectives

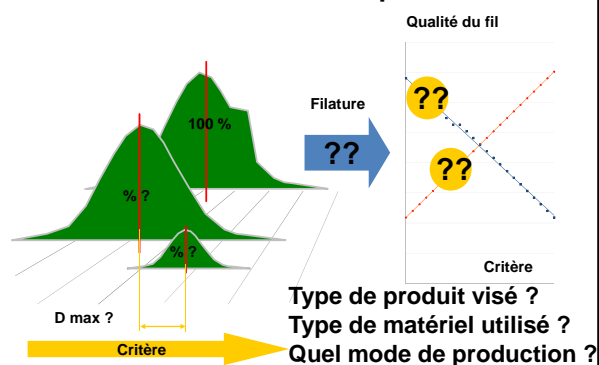


102

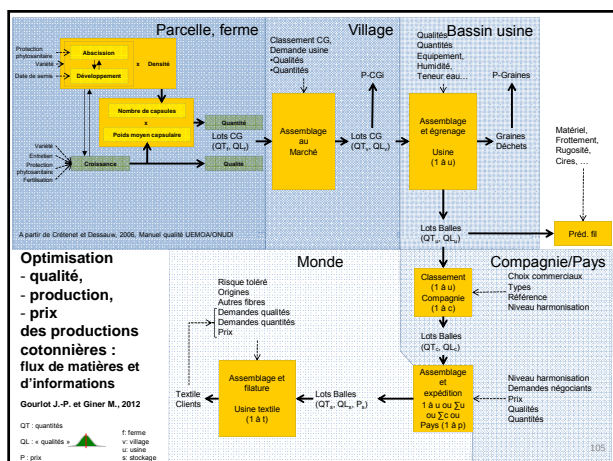
Conclusion - Perspectives

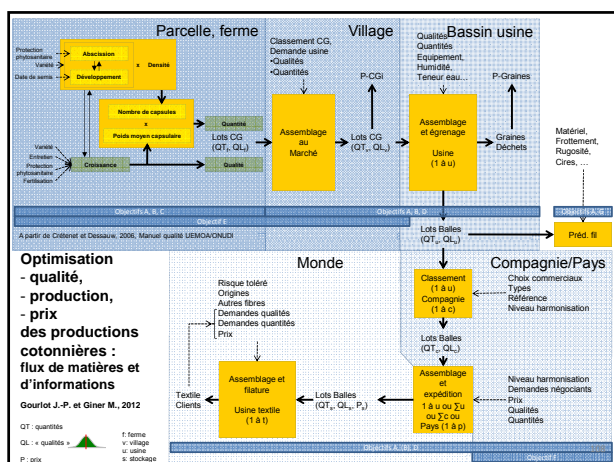
[illegible]

Perspectives : Questions à résoudre pour fixer les limites acceptables



De Gurlot J.-P., 2000





Conclusion - Perspectives

- 'Qualité' Résultat, fonction de
 - Main d'œuvre,
 - Milieu,
 - Méthode,
 - Matière,
 - Matériel
- HDR : Fibres de coton : Caractérisations, harmonisation des caractérisations, et transformation...
- ... étape vers 7 objectifs articulés et complémentaires

109

Remerciements

à tous mes supporters !

- Familiaux
- Amicaux
- Collègues de travail
- Institutions et partenaires
- Doctorants et étudiants
- Bailleurs
- Rapporteurs et Jurys
- Garants LPMT



111